أرنولد الكوت

هـ.س. بولتون

الكيمياء الحديثة

نشأتها وعلاقتها بالحياة اليومية

ترجمة

د. أحمد رياض

د.يوسف قطب

تقديم ومراجعة

د. ياسرجمال الدين

الكتاب: الكيمياء الحديثة .. نشأتها وعلاقتها بالحياة اليومية

الكاتب: أرنولد الكوت، هـ.س. بولتون

ترجمة: د. أحمد رياض، د.يوسف قطب

تقديم ومراجعة: د. ياسر جمال الدين

الطبعة: ٢٠٢٠

الناشر: وكالة الصحافة العربية (ناشرون)

٥ ش عبد المنعم سالم – الوحدة العربية – مدكور- الهرم – الجيزة
جمهورية مصر العربية
هاتف : ٣٥٨٢٥٢٩٣ _ ٣٥٨٦٧٥٧٦ _ ٣٥٨٦٧٥٧٥
فاكس : ٣٥٨٧٨٣٧٣

APA

E-mail: news@apatop.comhttp://www.apatop.com

دار الكتب المصرية
فهرسة أثناء النشر

الكوت، أرنولد / بولتون، هـ.س.
الكيمياء الحديثة .. نشأتها وعلاقتها بالحياة اليومية / أرنولد الكوت، هـ.س. بولتون ،
ترجمة: د. أحمد رياض، د.يوسف قطب، تقديم ومراجعة: د. ياسر جمال الدين
– الجيزة – وكالة الصحافة العربية.
١٦٩ ص، ١٨*٢١ سم.
الترقيم الدولي: ٤ – ٤٨ – ٦٨١٨– ٩٧٧– ٩٧٨
أ – العنوان رقم الايداع : ٧٧٤٨ / ٢٠٢٠

الكيمياء الحديثة
نشأتها وعلاقتها بالحياة اليومية





تقديم

لا يعرف كثير من الناس أهمية الكيمياء الكبيرة للعديد من المواد التي ندرسها أو العلوم الموجودة في الطبيعة من حولنا، ولهذا يُسأل في العادة أصحاب الاختصاص عن مدى أهميّة اختصاصهم، وهذا الأمر ينطبق على الكيمياء، فكم من شخصٍ تساءل في العديد من الأحيان عن فائدة الكيمياء للناس أو أهمية دراستها، وعن مدى تأثير الكيمياء في حياتنا اليوميّة.

إنّ جسم الإنسان ذاته مكونٌ من ذرات ومن عناصر كيميائية، فالكيمياء هي إحدى المواد التي يتطرّق لها جميع من يدرسون الإنسان سواءً من الناحية البيولوجية أم النفسية، فقد حلّل العلماء جسم الإنسان إلى نسبٍ مختلفةٍ من العناصر الكيميائية فكان الماء هو المركب الأساسي في تكوين جسم الإنسان، وبناءً على ذلك كان الأكسجين هو العنصر الأساسي في تكوين الجسم من حيث الكتلة..

وتختلف العناصر في نسبها أيضاً في جسم الإنسان، فمعظم العناصر التي نسمع عنها والتي تهمّ الجسم تُشكل نسبةً قليلةً، ربما تُقاس بالواحد من الألف أو أقل، فالحديد الذي نسمع عن تأثيراته الكبيرة على جسم الإنسان على سبيل المثال يُشكل ٠,٠٠٠٠٦ من جسم الإنسان.

وقد وُجِد أنّ نسب هذه العناصر الكيميائية وطريقة تفاعلها في الجسم هي السبب الرئيسي في جميع ما يقوم به الإنسان، سواءً من ناحية بيولوجيةٍ

كالأيض والحركة وغيرها، أو حتى في المشاعر التي يشعرها الإنسان، وحتى مشاعر الإنسان وحالته النفسية تتأثر بهذه المركبات الموجودة في الجسم.

لذا تكون الكيمياء موجودةٌ في كلّ ما حولنا، ويُمكن لمعرفةٍ بسيطةٍ في الكيمياء أنّ تُساعدنا في فهم العديد من المهام الصعبة في حياتنا، فحتى أبسط الأمور مثل أنّ البصل يُسبب حرقة العيون ويُسبّب البكاء هو أمرٌ يتعلّق بالكيمياء والمُركبات الكيميائية الموجودة في البصل، ويمكننا تجنبه أيضاً عن طريق الكيمياء، فالكيمياء هي أحد المواد الرئيسية التي يبدأ بها جميع من يدرسون المواد العلمية وجميع أنواع الهندسة، فلتعرف كيف تتعامل مع المواد عليك أن تعرف ما هي المواد وكيف تتفاعل مع كلّ ما حولنا، فجزءٌ كبيرٌ من تطوير السيارة يتم من خلال الكيمياء بتطوير مُركباتٍ وإضافاتٍ إلى الوقود والزيوت والتي تُساعد في تحسين أداء السيارة، وأيضاً جميع الأغذية المُصنّعة التي نتناولها يتمّ تحضيرها عن طريق الكيمياء.

فالكيمياء لا تفيد المُختصين فقط، بلّ إنّ لها تأثيراً كبيراً على الجنس البشري بأكمله، فهي السبب في علاج العديد من الأمراض التي كانت مُستعصيةً على البشر عن طريق تحضير الأدوية، وهي المسئولة عن تحضير المُنظّفات وتحسين المواد التي نستعملها في حياتنا اليومية كالفولاذ والذي يتم بإضافة جزءٍ بسيطٍ من الكربون إلى الحديد، أو حتى علم الذرة والطاقة النووية.

مما سبق نجد أن المعرفة في الكيمياء لا تقتصر على من يريدون الحصول على وظيفةٍ في الكيمياء فقط، بل إنّ المعرفة في الكيمياء تُساعدنا في فهم كلّ ما حولنا وحلّ العديد من المشاكل التي قد تواجهنا في حياتنا، أو حتى تجنّب العديد من المشاكل الأخرى، فيُمكننا بمعرفةٍ بسيطةٍ بالكيمياء أن

نعرف المواد التي يُمكننا استخدامها كاستخدام الأحماض المُختلفة؛ كالليمون مثلاً في التنظيف، كما يُمكننا بمعرفة المواد التي قد تُسبب الاحتراق أو التسمم والتعامل معها بحذر، أو حتى يُمكننا إيجاد العديد من الطرق لجعل حياتنا أسهل أو استخدام الكيمياء للتخلص من العديد من المشاكل التي قد تواجهنا في حياتنا اليومية.

توجد الكيمياء في كل شيءٍ يُحيط بالإنسان، فهي توجد في الماء، الهواء وفي الدواء، كما توجد في لباس الإنسان وطعامه من خلال الربط بين العناصر الأساسية للمواد الغذائية، حيث توجد في البروتينات المكونة من جزيئاتٍ مُعقدةٍ من الأحماض الأمينية، وتوجد في الكربوهيدرات المكونة من النشويات والسكريات والتفاعلات الكيميائية بينها وبين الجسم لتستطيع خلايا الجسم القيام بعملها، والدهون الأساسية لترطيب خلايا الجسم؛ كما أن الكيمياء البيئية تهتم بدراسة التفاعلات الكيميائية في الطبيعة، في التُربة وفي الهواء وتأثير النشاطات البشرية على تلوث البيئة، حيث يقومون بفحص جودة المياه باختبار المياه القادمة من الأنهار واحتوائها على المعادن، ونسبة الأكسجين المُذاب فيها ودرجة حموضتها وإذا ما كانت بحاجةٍ للعلاج بالفلور والكلور.

أيضاً هناك الكيمياء الزراعية التي يهتم علماؤها بدراسة المحاصيل الزراعية وإمكانية زيادة إنتاجيتها وحمايتها من الآفات باستخدام المواد الكيميائية، بالإضافة لاهتمامهم بدراسة علم وراثة الحيوان لفهم تكاثره وللعمل على زيادة كفاءة الإنتاج الحيواني وخلوه من الأمراض.

كما أن هناك الكيمياء الهندسية التي يعمل علماؤها على ابتكار وتطوير مواد جديدة من شأنها زيادة كفاءة المُنتجات بتكلفةٍ أقل، بالإضافة لتصميم

مصانع المعالجة والتأكد من سلامة التعامل مع المواد الكيميائية الخطرة والإشراف على تصنيع جميع المنتجات.

هذا مع وجود الكيمياء العضوية التي تُعد دراستها مهمةً جداَ لأنها تدرس الحياة والتفاعلات الكيميائية في الكائنات الحية، وفهم تفاعلات مُركبات الكربون مثل البوليمرات المشكلة لكثير من المواد حولنا، ومنها النايلون والأكريليك، والمواد البتروكيماوية المُختلفة من بنزين وأدوية ومنظفات والعديد غيرها، كما تُعد مُستحضرات التجميل من المواد الكيميائية العضوية ومن المهم دراسة تأثير تفاعلها على الجلد وإمكانية تطويرها لعلاج مشاكل البشرة المُختلفة..

مما سبق نجد أن علم الكيمياء هو علم يتناول دراسة العناصر والمركبات وخصائصها وتكوين كلٍ منها، وما تخضع له من تفاعلات تُنتج أو تمتص طاقةً لحدوثها، فعلم الكيمياء يهتم بدراسة الذرات كونها تُشكل الحجر الأساسي للمواد الكيميائية، كما يهتم بدراسة التماسك المعقد للمواد والتفاعلات المؤدية لتكوين مواد جديدة، ودراسة البنية الهيكلية للمواد المختلفة...

وما بين يديك كتاب زاخر بعلومه، وأفكاره التي تهتم بالكيمياء في حياتنا اليوم وما توصل إليه العلم والعلماء في مجالات شتي، فاحرص على التزود من علمه، "قل هل يستوي الذين يعلمون والذين لا يعلمون" صدق الله العظيم.

د. ياسر جمال الدين

الفصل الأول

الكيمياء القديمة - كيمياء القرون الوسطى

قصة أي علم من العلوم عبارة عن سجل محاولات الإنسان لتفهم أسرار الطبيعة. والعمليات الطبيعية اليوم لا تختلف عن نظائرها في الماضي البعيد، ولكن الاختلاف هو في إدراك الإنسان لها وفي تطبيقها.

فالشمس والأجرام السماوية الأخرى لا تزال تخضع لنفس النواميس التي خضعت لها في الماضي، ولا تزال تؤدي نفس التحركات التي كانت تؤدبها، ولم يستطع الإنسان تعرف طريقه في بحار العالم بالليل أو بالنهار إلا بعد أن فهم تلك القوانين والتحركات. ومع وجود قوة الجاذبية والقوى المولدة للطاقة الكهربائية منذ الأزل، فقد كان فهم الإنسان لهذه الأشياء شرطًا ضروريًا لتذليله ما بالبحيرات العالية من قوى مائية لإنتاج الكهرباء التي يريدها لاستعماله الخاص.

ويشترك الفلكي، والفيزيائي، والبيولوجي، والكيمياوي– كل في دائرة اختصاصه، في رفع النقاب عن أسرار الطبيعة والاستزادة من تفهم قوانينها، ثم استخدام ما اكتسب من المعرفة لمنفعة بني الإنسان، فما مناعم المدنية الحديثة المتعددة– إلا نتيجة يعزى القسط الأكبر منها إلى تقدم العلوم.

ويعني الكيمياوي بتركيب الأشياء، فيريد أن يعرف مم صنعت هذه الأشياء. وكيف تصنعها الطبيعة، ثم يحاول صنعها بنفسه. فينجح آونة ويفشل أخرى، ولكن معلوماته تنمو، فهو يتعلم من النجاح كما يتعلم من الفشل. ثم

يصبح قادرًا، بما يكتسب من المعرفة، على صنع مواد جديدة أو على إنتاج مواد قديمة بوسيلة جديدة.

والمأمول أن نوضح في هذا الكتاب العلاقة الوثيقة بين علم الكيمياء وكل وجوه الحياة الحديثة تقريبًا، إذ يندر أن نجد عملية صناعية لا تدين بفاعليتها، إن لم يكن بمنشئها، إلى عمل الكيمياوي، فلم يعد صباغ الأقمشة الآن يعتمد على بضعة الألوان التي يمكن استخلاصها من النباتات، ولكنه، بمعاونة الأصباغ التكوينية ينتج مالا حد له من الألوان البراقة ودرجاتها الرقيقة، وما أواني الطهو من الألومنيوم وسكاكين المائدة من الصلب الذي لا يصدأ إلا من نتائج البحوث الكيمياوية.

وتدين العلوم الطبية يوميًا للكيمياوي بما ينتج ويتقن من عقاقير وأدوية يستخدمها الطبيب لتلطيف الألم، كما تتبين بجلاء مناجح الكيمياء في تنقية مصادر المياه، وزيادة غلة المحاصيل الحقلية وتنويع مصادر الأغذية وتأمينها صحيًا. ويعود الفضل إلى الكيمياوي في كل ما أحرز من الكمال الحالي في صنع حبال الغواصات، والسيارات، والإنارة، الصناعية، والإذاعة، والتصوير الشمسي، وآلات طب الأسنان... الخ.

والكيمياء كما تزاول اليوم علم حديث نسبيًا، فقد كان من اليسير– منذ أقل من مائة عام مضت– على أي دارس جاد أن يحيط بكل حقائق الكيمياء المعروفة حينذاك، بينما لا يستطيع إنسان الآن أن يحذق كل فروع ذلك العلم، ويتعين على الدارس إذًا أن يقتصر على معرفة الأساسيات بصفة عامة، ثم قد يستطيع التعمق بعد ذلك في فرع أو أكثر من الفروع كالتعدين، أو

الكيمياء الكهربائية، أو الكيمياء الحيوية، أو الصباغة، أو الوقود أو الزيوت، أو الراتينجات.

ومع أن الكيمياء بوصفها علما دقيقًا تنتسب إلى العصر الحديث، إلا أن أصلها، كما في حالة العلوم الأخرى، تمتد جذوره إلى ماض سحيق. فقد كان قدماء المصريين على شيء من العلم بصناعة الطلاء بالميناء، وتنقية الذهب، واستخدام الأصباغ الطبيعية، كما يستدل على فهمهم استخدام المطهرات بنجاحهم الظاهر في تحنيط جثث حكامهم حتى قاومت مومياتهم عوامل الانحلال آلافا من السنين.

ومن العسير القطع بأنهم عثروا على هذه المعرفة مصادفة أو أنهم جنوها عن طريق البحث العلمي، ذلك أن أسرارهم ووصفاتهم قد ماتت معهم كما يظهر.

بيد أننا أنه قد كان هناك رجال جاهدوا للكشف عن سر تركيب المادة، منذ أزمان طويلة، وربما قبل العصر المسيحي، وقد دفع بعضهم إلى هذا شغف صادق بالعلم، بينما حفز البعض الآخر إليه حب المال، وقد عرف هؤلاء باسم الكيمياويين القدماء أو البرعة في الكيمياء القديمة.

ومهما كانت نيات أوائل الكيماويين القدامى ومطامحهم، فقد ركز خلفاؤهم أهدافهم في الكشف عن ثلاثة: تحويل المعادن، أكسير الحياة، والمذيب العالمي، وغني عن الذكر أن أحدًا من هذه الأغراض لم يتحقق.

وليس يسيرًا على المؤرخ أن يكشف عما فكر فيه على التحقيق هؤلاء الكيمياويون القدماء، وكيف عملوا وماذا حققوا، فقد كانت الكيمياء القديمة

فنا سريا، ولم تزاول إلا في حلقات الكهنة –لوقت طويل– أو تحت رعاية الأسر المالكة وإشرافها، كما لم يسجل منها إلا القليل، وأغلب هذا القليل بلغة غامضة حتى يكاد لا يفقهها العقل الحديث.

ومن المشكوك فيه أيضًا أن يفهم كيمياوي قديم ما كتبه إخوة له في المهنة، وقد يكون هذا متعمدًا إما لغيرة مهنية أو لإخفاء فشل الكاتب في تحقيق شيء يذكر، إذ ماذا نستخلص مثلا من الفقرة التالية والتي يرجع تاريخها إلى القرن السابع عشر:

"إذا أردنا استخلاص دوائنا من المعادن الثمينة، وجب علينا إتلاف الصورة المعدنية دون المساس بخصائصها المحدودة، وتستوطن الخصائص المحدودة للمعدن جزءه الروحي، الذي يقيم في ماء متجانس. وعلى ذلك يجب علينا أن نتلف الصورة المعينة للذهب ونغيرها مع مائها النوعي المتجانس والذي فيه تحفظ روح الذهب. وتجدد هذه الروح فيما بعد ثبات مائها، فتخرج صورة جديدة (بعد التعفن اللازم) أكمل ألف مرة من صورة الذهب التي فقدتها عندما نقيت".

ويظهر أن اعتقاد الكيمياويين القدماء في إمكان تحويل المعادن الرخيصة كالرصاص إلى ذهب– قد نشأ من سلسلة غريبة من سوء الإدراك. ذلك أنهم ظنوا أن الفرق بين نوع وآخر من المادة هو مسألة نقاء ليس غير، فإذا نقي الرصاص مثلا إلى حد كاف لانقلب ذهباً. كما يظهر أنهم لم يفرقوا تمامًا بين المادة الحية وغير الحية، فكل أنواع المادة لا تعدو كونها صورًا متعددة من الشيء الواحد، وإذا كان ممكنا أن ينمو النبات أو الحيوان على

مهل حتى يكتمل، فليس هناك مانع من تهذيب معدن رخيص ليخرج منه آخر ثمين.

وكثيرًا ما نعثر في كتابات الكيمياء القديمة على إشارات إلى حجر الفلاسفة– وهو شيء خرافي كان سيمكن الكيمياوي القديم من قلب رصاصه إلى ذهب. ومن العسير القول بأنهم تخيلوا هذا الشيء حجرًا حقيقيًا. أو سائلاً، أو مجرد وصفة، ولو أن البعض أدعى أنه رآه ولمسه فيصف هيلفيتيس Helvetius، أحد كيمياويى القرن السابع عشر، في كتابه "العجل الذهبي"– كيف زاره شخص غامض وأطلعه على ثلاث قطع كبيرة من مادة تشبه الزجاج، قائلا إن بها ما يكفي لإنتاج عشرين طن من الذهب. ولما كرر للزائر رجاءه في البرهنة على مقدرته كانت إجاباته مراوغة، وأخيرًا اقتنع بترك قطعة صغيرة من الحجر لا يتجاوز حجمها بذرة اللفت، ثم قام هيلفيتس تعاونه زوجته، بتغطية الحجر بالشمع، ووضعه في بودقة تحوي ستة دراهم من الرصاص المنصهر. ويقول هيلفيتيس إنه سمع فحيحًا أعقبه بعد ربع ساعة تحول الرصاص كله إلى ذهب بديع استجاب لكل ما أجراه عليه صائغ مجاور من الاختبارات. ولم يسمع بعد ذلك شيء عن الزائر الغامض، كما بقى هيلفيتيس غارقًا في جهله عن تركيب ذلك الحجر السحري!

واستمر البحث عن حجر الفلاسفة طوال القرون الوسطي، وعبثًا أفنى الكيمياويون القدماء حياتهم ينشدونه جيلا بعد جيل.

ومع أن الأمل الذي بدأ به كل باحث لابد قد انقلب في كل حالة إلى اليأس وخمود العزيمة، إلا أنه كان هناك دائمًا من ينهض لتبني المشكلة من جديد.

وقد نتساءل لماذا لم يتضح اليأس من تحقيق هذا المطلب أسرع مما حصل، ولكن يجب أن نذكر أن أي جيل من أولئك الكيماويين القدماء ربما لم يعرف إلا القليل مما عمله سابقوهم أو حتى معاصريهم. إذ لابد أن كثيرًا منهم، مثل هيلفيتيس قد ظنوا أن المشكلة حلها من سبقهم من الباحثين، وأن سرها قد أخفى أو ضاع.

ومع أن الكيمياء القديمة قد فشلت في تحقيق هدفها الأساسي إلا أن أهلها قد أضافوا إلى العلم كثيرًا. فقد كانت النار حليفهم الرئيسي، وتخيلوا أنهم بعونها يستطيعون "سحب روح المعدن منه"، فسخنوا من المواد أصنافًا وأعدادًا، وراقبوا ما تم فيها من تغيرات، فعثروا هنا وهناك على وسائل لإنتاج مواد جديدة، واخترعوا ثم استخدموا أنواعًا عديدة من الأجهزة لا تزال –في صور معدلة– تستعمل في المعامل الحديثة. فالحمام المائي، وأوعية التقطير ولوالب التكثيف، وقابلاته التي يستخدمها الكيمياوي الحديث، كان لها جميعًا مقابلها البدائي عند الكيمياوي القديم.

وتحتوي مكتبة ليدن Leyden على مخطوطات من كتابات معزوة إلى جابر، وهو كيمياوي عربي قديم من القرن الثامن. وفي المخطوطات المذكورة تعليمات لتحضير معادن عديدة، وأحماض، وأملاح وكذا تفاصيل عن تقطير وتحضير الزيوت والعطور.

ومنذ القرن الثاني عشر وما بعده انتعشت الكيمياء القديمة في جو من الجهل والخرافات الشائعة بين الجماهير وكان طبيعيًا أن تقترن في عقول العامة بالسحر والفن الأسود.

وكثرت فرص الخداع والتدليس، ولم يكن العديد ممن أسموا أنفسهم كيمياويين خيرًا من نصابين أفاكين، فاخروا بقوى لا يملكونها، واكتنزوا من انخداع الناس بهم الشحم والمال الكثير.

وإذا رأينا كيف يصدق الناس بسهولة– حتى في هذه الأيام المستنيرة– في أدوية الدجل، والجرع السحرية التي تذيعها الإعلانات– لما صعب علينا أن ندرك كيف استطاع الكيمياوي القديم الأفاك في العصور المظلمة أن يدس على عملائه ألوانا عديدة من طهوه. فيستطيع المريض أن يشتري منه أدوية اشتهرت بشفاء جميع العلل كما يبيع للعاشق الخجول أكسير الحب ذي الفعل الأكيد المضمون لفتح قلوب أشد العذارى برودا واستعلاء.

وطالما استخدم النبلاء –في ولعهم بالسلطة– كيمياويا مؤملين الانتفاع بمقدرة هذا الماهر في صنع مالا حد له من الذهب. وكان فشل الكيمياوي أحيانًا في الوفاء بالتزاماته سببًا في إعدامه أو سجنه. ولا ريب في أن محاولة استبقاء ثقة مولى يتعجل النتائج– كانت السبب في إجهاد عنيف لموهبة الاختراع عند كثير من هؤلاء الكيمياويين القدماء!

على أننا قد نعثر هنا وهناك، بين العديد من هؤلاء الدجالين المأجورين، على باحث حقيقي، وهب نفسه –جزئيًا أو كليًا– للعلم، ولأمثال هذا الرجل ندين بتلك الكشوف التي كانت من أسس الكيمياء الحديثة ففي عام ١٢١٤ وعلى مقربة من بلدة الشستر Ilchester ولد رودجر بايكون Roger Bacon الذي يقترن اسمه عادة باختراع البارود. وكان بايكون قسيسا من أغزر أبناء عصره علمًا، يؤمن في قرارة نفسه بتحول المعادن، وقيل إنه اخترع العدسة المكبرة، كما أنه عرف على التحقيق شيئًا من خصائص كثير من المواد

الكيمياوية، وقد وصف في أحد مؤلفاته كيف صنع الرعد والبرق من خلط نترات البوتاسا والفحم والكبريت، وهي كما نعرف مكونات البارود الذي استخدم لأول مرة في الجيش الإنجليزي عام ١٣٢٧، وقد لا يكون بايكون هو المخترع الأول لهذا البارود، إذ يحتمل أن يكون قد سمع به أثناء رحلاته في الشرق.

وقد سجن بايكون في أواخر أيمه بتهمة الشعوذة، ولم ينج بحياته إلا حين تنكر لآرائه في موضوع تحويل المعادن.

ويقال إن صديقه وتلميذه رايموند لالي Raymond Lully قد عكف على دراسة الكيمياء آملا أن يجد للسرطان دواء، حين وقع في حب سيدة مصابة بسرطان الثدي. وتعزى إليه كتابات كثيرة في الكيمياء القديمة، كما ذاع أن إدوارد الأول أمده بغرفة في برج لندن صنع فيها من الذهب ما ملأ خزائن الملك الخاوية.

وقد أثبت تحليل النقود الذهبية التي تدوولت في عهد الملك المذكور أنها من الذهب الخالص لا الزائف، والأغلب أن تكون الدخول الملكية مدينة لنصائح لالي في باب الضرائب أكثر مما هي مدينة به لكيميائه.

وكثرت الإشاعات خلال بضع المئات من السنين التالية عن العثور على حجر الفلاسفة، كما كثر أتباع الكيمياء القديمة، رغم نظرة الريبة إليها لما بينها وبين قوى الظلام من علاقة. وأصدرت حكومة إنجلترا في القرن الخامس عشر قانونا يعاقب على جريمة صنع الذهب من المعادن الأخرى. وذلك خوفًا من نتائج نجاح عملية التحويل. فكان أهم آثار هذا القانون أن صارت مزاولة الكيمياء القديمة فنا أشد إمعانا في السرية عما كان، وقد يكون هذا من

أسباب تأخر التقدم في العلوم، إذ أخفى ما طرأ من اكتشافات ذات قيمة علمية بدلاً من إعلانها.

وفي أوائل القرن السادس عشر ظهر بين صفوف الكيمياويين القدماء في أوربا شخص عجيب هو فيليباس أوريولاس تيوفراستاس باراسيلساس بومباستاس فون هو هينهايم Philippus Aureolus Theophrastus Paracelsus Bambastus Von Hohenheim

والمعروف عادة باسم باراسيلساس! ولد عام **١٤٩٣** ابنا لطبيب سويسري. ودرس في جامعة بازل Basle. وسرعان ما وقع الشقاق بينه وبين سلطات الجامعة فتركها وهام في أوروبا ملتقطا فتات العلم من هنا وهناك. ومتكسب بالدجل في التطبيب، والكشف عن المستقبل، وما إليه. وكان مغرورًا، صخوبا، معتزا برأيه، فظ الطباع. مسرفا، حتى لسرعان ما تضيق بعشرته الناس، ولكنه بالرغم من ذلك كله قد اكتسب شهرة عجيبة في الإتيان بالمعجزات لشفاء المرضى، وتسنم بذلك مركزا في نفوس معاصريه هيأ له العودة في **١٥٢٦** إلى بازل لتقلد أستاذية الطب هناك. وكان لغطرسته وادعاءاته أكبر نصيب من اشمئزاز تلاميذه منه، وهو يندد في قسوة بنظم الطب المتبعة، وإنه وحده منبع الحقيقة والعرفان.

واتخذ لنفسه في العلاج خطة القتل أو الإبراء، فخاطر باستعمال أدوية سامة من الأفيون، والرصاص والأنتيمون والزئبق، مخفيا فشله ومعلنا نجاحه، كما يفعل الألعبان، ولا شك في أنه كان عبقريًا كما كان سكيرا مغروراً.

والشيء الوحيد الذي ندين به لباراسيلساس هو انحاؤه باللائمة علانية وفي نجاح، على الكيمياويين القدماء لبحثهم عن صنع الذهب بدلا من صرف

الوقت في تحضير الأدوية والعقاقير. وليست ثمت من دليل على قيامه هو بأي كشف نافع، والأصح أنه تلقف اكتشافات غيره واستغلها. واعتقد باراسيلساس، كما فعل غيره من قبل، أن الأشياء كلها مركبة من ثلاثة عنصر– الزئبق والكبريت والملح، وأن "الألكاهست" alkahest أو "المذيب العالمي" دواء ملكي للكبد الكسول، ومما يؤسف له أنه لم يخلف لنا طريقة استعمال هذا المذيب العجيب!

وكان باراسيلساس على علم بالكثير من التحضيرات الكيمياوية، فقد عرف، على سبيل المثال، أن صب زيت الزاج على برادة الحديد يبعث غازا قابلا للالتهاب. والكيمياوي الحديث يحضر هذا الغاز ويسميه بالأيدروجين كما قسم باراسيلساس المواد التي يعرفها إلى قسمين– المعادن وهي قابلة للطرق وللسحب، وغير المعادن وهي ما ليست كذلك. وكان كثير من الأدوية التي استخدمها مركبًا من المعادن ولو أنه استخدم كذلك عددًا من الخلاصات النباتية.

ومهما كان رأينا في طبائع باراسيلساس وأخلاقه، فلا شك أنه بدأ عصرًا جديدًا في الطب والكيمياء، أخذ بعده هذان العلمان يسيران يدًا في يد، ولعبت الكيمياء دور الخادمة للطب.

وكان حكم باراسيلساس في بازل قصيرًا، فقد كان ولعه بالخمر، وخلقه الشرس، وتغاليه في الأجر أسبابا وطدت له وسائل الشقاق مع المحققين، وانتهت به إلى مغادرة المدينة ليعود إلى الطواف بمختلف البلاد. وادعى في أواخر أيامه أنه اكتشف أكسير الحياة، ورغم ذلك فقد اعتصرت الحمى حياته ولما يتجاوز الثامنة والأربعين.

ومع أن الكيمياء القديمة قد هيئ لها بذلك طريق جديد إلا أن ميدان النصب كان يعج بالأبطال، وبمن ادعوا الكشف عن سر صنع الذهب، وخدعوا البسطاء من الجماهير بالفج من الأحابيل، كالرصاص المذهب، والنحاس الأصفر الملمع، واستعمل الأكثر منهم دهاء قضبانًا من الرصاص بداخلها كتلة صغيرة من الذهب، حتى إذا ما صهر المعدن في بودقة انفصل الذهب وخيل للرائي تحقق عملية التحويل. وأخفى الذهب أحيانًا في عصى من الفحم النباتي قد أفرغ داخلها، حتى إذا حرق الفحم في أوعية مناسبة ظهر الذهب.

ولم يقتصر الاعتقاد بتحول المعادن على القرون الوسطى، ففي أواخر القرن الثامن عشر نشر الدكتور جايمس برايس James price من جيلد فورد Guild ford، وعضو الجمعية الملكية[1]– تقريرًا أعلن فيه أنه قد وفق إلى التحويل المذكور، بل ذهب إلى حد عرض عينة من الذهب قال إنه صنعها بطريقته، وهبت الجمعية الملكية تدرأ عن سمعتها العالية أدران الشبهات مطالبة بالبرهنة على دعواه أمام لجنة من الأعضاء، وبعد محاولات لم تجد للتخلص من المأزق وافق برايس على استقبال اللجنة بمنزله حيث اعترف لهم بعجزه عن إثبات ما ادعى، ثم انتحر في حضرتهم.

---

(1) أكبر جمعية علمية بإنجلترا وأعلاها كعب، أسست في سنة ١٦٦٠.

الفصل الثاني

مولد الكيمياء

رأينا في الفصل السابق كيف أن مناشئ الكيمياء الأولى نبتت من دراسة الطب. ولكن ما حل القرن السابع عشر حتى صارت الكيمياء تدرس لذاتها، وما دلف القرن المذكور إلى نهايته حتى استوت الكيمياء علما قائما بذاته، لا مرية فيه، ولن يكون يسيرًا في كتاب من هذا الحجم أن نتتبع تاريخ نمو الكيمياء في تفصيله، فلمن يريد هذا متسع في الكتب العديدة الخاصة بتاريخ هذا العلم. ويكفي هنا أن نشير إلى شيء من تأثير عدد من العلماء القدامى المعروفين على الكيمياء، من أمثال بايكون، وبويل Boyle وبريستلي Priestley وكافندش Cavendish ولا فوازييه Lavoisier ودالتون Dalton، وهي أسماء قليلة مشهورة بين الكثيرة التي يمكن ذكرها. فالصعوبة هي في معرفة الأسماء التي يسهل تركها– ذلك أن انتشار العلوم منذ القرن الثامن عشر كان سريعًا لدرجة يتعذر معها تتبعه في ترتيب تاريخي دقيق، دعك من ذكر كل من أسهم في هذا الانتشار.

ففي عام ١٦٢٠ نشر فرانسز بايكون، وفيكونت سانت أولبانز St. Viscount Albans، كتابه المسمى "الوسيلة الجديدة Novum Organum الذي أرسى أساس ما يمكن تسميته بالطريقة العلمية الحديثة. ولم يكن بايكون نفسه رجلا تجريبيًا بقدر ما هو قادر على إدراك ما يجب على الآخرين عمله، والواقع أنه وصف نفسه بالمهندس أكثر منه بالبناء أو، كما قال، إنه "دق الجرس لتنبيه العقول وتكاتفها معًا". وقد ألح في وجوب التزام خطوات

معينة لإجراء أي بحث علمي إذا رجونا له نجاحا، وليس ثمت خير من أن نذكر هنا في إيجاز شيئًا عن هذه الخطوات:

(١) تجميع كل المعلومات المتصلة بالموضوع.

(٢) تخيل "الأسباب" الأساسية وإعداد بيان يتضمن كل الحقائق المعروفة.

(٣) فحص الحقائق الإضافية التي يمكن اعتبارها وثيقة الصلة بالبيان المذكور.

(٤) إجراء التجارب اللازمة لنرى إذا كان ممكنا تعزيز هذه الحقائق.

(٥) كل بيان يجتاز الاختبارين (٣) و(٤) يمكن اعتباره مفيدًا– على الأقل بصفة مؤقتة.

وهذه الخطوات هي بالضبط ما يلتزمه العلميون اليوم وتسمى الثانية منها يتخيل النظرية أو تكوين الافتراض، فإذا ما اختبرت النظرية أو الافتراض اختبارًا كافيًا جاز قبولها كحقيقة قام عليها البرهان. وتمثل هذه الطريقة تلك الروح الجديدة التي أدخلها في العلم فرانسين بايكون الذي كان في وقت ما رئيسا لمجلس اللوردات بإنجلترا، وذاع اسمه أكثر بوصفه صاحب "المقالات" المعروفة باسمه Bacons Essays وفي الكتاب السابق ذكره يصف المؤلف كيف بحث الناس عن المعرفة في ذلك العصر بإضافة خبرة مشكوك فيها إلى تفكير يغشاه الضباب، ومع ذلك فالإضافة المذكورة تتم بترتيب خاطئ، أما الطريقة التي اقترحها فهي تناوب التجربة مع الاستقراء (أو التخمين المنتظم).

وكان بين أول المؤمنين بالطريقة البايكونية روبرت بويل Robert Boyle المولود سنة ١٦٢٧ ولدًا أصغر للايرل أوف كوك Earlof Cork. وكان بويل أحد أعضاء تلك العصبة من العلميين التي أسمت نفسها "بالكلية الفلسفية" The Philosophical College والتي أسماها أحد ظرفاء العصر "الكلية غير المنظورة" لأنه لم يكن لاجتماعاتها –في مستهل أمرها– مكان دائم، وسواء أكانت العصبية المذكورة منظورة أم غير منظورة فإنها لم تقل في أهميتها عن أي جماعة أخرى من الرجال اجتمعوا معًا في أي بلد أخرى، فقد نبتت من اجتماعاتهم "الجمعية الملكية لتحسين المعارف الطبيعة" التي وجدت بمرسوم ملكي صدر في ١٥ يولية عام ١٦٦٢، وبذا كان بويل أحد مؤسسيها بالاشتراك مع رجال من المشتهرين أمثال هوك Hoole، وكريستوفررين Christopher Wren وبتي Petty ولورد برونكر Brouncker، وسير روبرت موراي Robert Moray، وكان لورد برونكر أول رئيس للجمعية واختار لهاجون افلين John Evelyn شعارًا "Nullius in Verba" وأنضم سامويل بيبيز Samuel Pepys للعضوية بعد ذلك بقليل، وفي يومياته وصف حفل انضمامه كما يلي: "وذهبت إلى كلية جريشام Gresham حيث رشحني للعضوية في الأسبوع السابق مستر بوفي Povey، وحيث قبلت اليوم بالتوقيع على سجل عقبه اقتيادى بيد الرئيس لورد برونكر الذي تلا على عبارات القبول. وفوق كل ذلك كان في الاجتماع مستر بويل وفوق كل ذلك مستر هوك، أعظم من رأيت في العالم من الرجال وإن لم يدل مظهره على ذلك وكانت هناك مناقشة رائعة استمرت حتى العاشرة مساء حين عدت إلى منزلي".

وفي هذه اليوميات المشتهرة إشارات عديدة إلى الجمعية الملكية تشهد باستمتاع بيبيز باجتماعاتها، وإفادته منها، وخاصة عندما كان عضوًا بالمجلس، فنقرأ (يوم ٢٢ يونية سنة ١٦٦٨):

"ومن ثم إلى مقر لورد برونكر حيث عقد مجلس الجمعية الملكية، وهناك سمعت مستر هاري هوارد Harry Howard يقدم إلى الجمعية منحته النبيلة المتكونة من الأرض اللازمة لكليتنا واعتزامه بناء منزله هناك، وكان على أن ألقى مستر بويل الذي تكلمت معه عما تشكوه عيناي وقدم لي أحسن ما استطاع من نصح"

وظهر أشهر كتاب لبويل "الكيماوي المستريب" The Scepticeal Chemyst في عام ١٦٦١، وكان له الفضل في تصفية الجو بهدم كثير من المعتقدات الشائعة، وخاصة فيما يتعلق بكيان العنصر، كما استطاع أن يفرق بجلاء بين المركبات الكيميائية والمخاليط الآلية، ويعتبر هذا المؤلف على وجه العموم، أداة هدم أكثر منه أداة بناء. ولكن الهدم كان ضروريًا في ذلك الوقت لما شاع فيه من آراء غريبة أساس لها من الحقيقة. وقد تكون تجربة بويل المشهورة عن "ضغط الهواء" أحسن ما يذكره بها الذاكرون، فقد سمع كل من درس مبادئ العلوم عن قانون بويل. وكان بويل في ذلك الزمان بين أول العلميين الذين طبقوا مبادئ بايكون على دراسة الكيمياء، ولذا كثيرًا ما دعوه بأبي الكيمياء وبدأ مع زملائه أعضاء الجمعية الملكية يبحثون عن المعرفة بالطرق الجديدة، وبذا أرسوا دعائم الكيمياء بوصفها علما تجريبيًا، وكان عدد كبير من اكتشافات ذلك الحين تعلن في وقتها في اجتماعات الجمعية الملكية، كما تنشر تفصيلاتها في المجلة المعروفة باسم "المجلة الفلسفية"، وكانت المجلة المذكورة، في مبدأ أمرها، يطبعها السكرتير كعمل

خاص ويبيعها للأعضاء، حاوية أيضًا لشتى الأخبار العلمية المستقاة من مصادر عديدة، وكانت بذلك تملأ المكان الذي تشغله الآن مجلة نايتشر Nature.

وثبتت أركان الكيمياء بوصفها علمًا تجريبيًا، وشيئًا يدرس لذاته لا لأنه فرع من فروع الطب– وذلك نتيجة لمجهود أعضاء الجمعية الملكية الأولين الذين اتبعوا الطريقة البايكونية. وفي المائة عام التالية تقريبًا تجمعت المعلومات عن تركيب مواد عديدة وعن خصائصها، في انتظار رجل علمي قادر على تلخيص تلك الحقائق واستخلاص نتائج عامة منها، وقد يكون من الخير أن نستعرض بعض ما أنجز من أعمال في تلك الفترة، وإن ظهر في هذه الأعمال شيء من انعدام الصلة بينها.

وكان لفرع الكيمياء المتصل بطبيعة النار والاحتراق أكبر نصيب من العناية، وهنا توقف ركب التقدم وقتا ما لذيوع نظرية لم يؤيدها الكافي من الأسانيد، تقدم بها يوهان يواكيم بيكير Johann Joachim Becher ابن قسيس ألماني من الكنيسة اللوثرية. وكان لبيكير من الشهرة ما أضفى على نظريته ثوبا من الاحترام خصوصًا حين أيدها بشدة أحد اتباعه المسمى ستاهل Stahl والذي كون لنفسه اسما يذكر. وتتلخص النظرية المذكورة، لتفسير كل أنواع الاحتراق، في افتراض أن كل المواد القابلة للاحتراق تحوي نسبة من نوع من "التراب الدهني" الذي اقترح تسميته بالفلوجيستون Phlogiston، فإذا ما احترقت إحدى تلك المواد انفصلت عنها الفلوجيستون متصاعدة في الهواء، وعلى ذلك اعتبر أي "هواء" يشجع الاحتراق فقيرًا في الفلوجيستون، بينما كان الغاز الذي يعيق الاحتراق موفور الفلوجيستون. وكانت النظرية من البراعة الشديدة بحيث احتقر المعتقدون فيها أي فكرة عن اختبارها بالتجربة

وذلك لشدة إيمانهم بصدقها، بل أنهم حين كشفت التجربة استحالتها أخذوا ينقبون عن التفسيرات البارعة لها بدلا من الاعتراف بزيفها. وللتمثيل على ذلك نذكر تلك التجارب التي أجريت على تكليس المعادن، وخاصة بواسطة جان راي Jean Rey في فرنسا وفان هيملونت Van Helmont في هولاندا ومايو Mayow في إنجلترا، إذ أثبتوا أن الهواء ضروري للاحتراق، وأن نواتج الاحتراق (على الأقل في حالة المعادن) تزن أكثر من وزن المادة التي أحرقت؛ مما يشير إلى التفسير المعقول الوحيد وهو أن شيئًا من الهواء تمتصه المادة إبان الاحتراق، بينما يقول أصحاب نظرية الفلوجيستون بامتصاص الهواء للفلوجيستون الذي تفقده المادة من وزنها. وطفق أصحاب تلك النظرية يكذبون شهادة الميزان أو يجهدون في القول بأن الفلوجيستون هي قاعدة الخفة Principle of Levity.

ونظرية الفلوجيستون مثل رائع من خطر تكوين نظرية لا يسندها الكافي من الأدلة، كما تتضح منها قيمة النظريات بوجه عام، لأنها وإن كانت خاطئة مضللة إلا أنها أثارت من الأبحاث ما عادل نفعه ضرره. ومنها نتعلم أيضًا ضرورة هجر (أو على الأقل تعديل) نظرية أثبتت التجربة العملية أنها تفسير غير صحيح.

وفي عام ١٧٧٣ ببلدة وست ريدينج West Rising في بوركشير yorkshire ولد جوزيف بريستلي Joseph Priestly الذي اختارت لبه أسرته ن يرسم قسيسًا، ولكن بعض آرائه في الخطيئة الأصلية والعقاب الأبدي، لم تكن على ما ينبغي من موائمة للكنسية، مما كان سببًا في عدم استقراره بمكان واحد. بل إنه تحمل كثيرًا من المشاق في أوائل حياته لأنه لم يستطع الحصول على أبروشية تدفع له مرتبًا حسنا، واضطر في وقت من الأوقات أن

يتقاضى ثلاثين جنيها سنويًا لقاء التدريس في مدرسة يعمل فيها من الساعة السابعة صباحًا إلى الرابعة مساء ثم يعطي دروسًا خاصة حتى السابعة مساء، وذلك رغم إجادته ست لغات أجنبية ولما يجاوز العشرين عاما إلا بقليل! ورغم هذا الإرهاق فقد جلس يكتب– في وقت فراغه الذي لا يذكر– كتابًا عن تاريخ الكهرباء الذي قال عنه "كان علي، إبان كتابتي هذا التاريخ، أن أحاول التثبت من حقائق معينة دار حواليها الخلاف، فقادني هذا تدريجًا إلى ميدان أكبر من التجارب الأصلية التي لم أدخر في شأنها ما استطعت من نفقة". وأجرى بريستلي تجارب عديدة على "الأهوية" (ويجب أن نسميها غازات) واكتشف أن غاز ثاني أكسيد الكربون يمكن أن يذاب في الماء، وقال إنه حضر "كوبا من ماء غازي لطيف جدًا لا يكاد يختلف عن ماء سلتز Seltzer واهتمت الجمعية الملكية بالأمر جد الاهتمام. وطلب منه أن يكرر تجاربه أمام أعضاء كلية الأطباء الذين راقهم الكشف كثيرًا حتى اقترحوه على رجال وزارة البحرية بوصفه علاجا محتملا لداء الإسقربوط، كما منحته الجمعية الملكية المدالية الذهبية على هذا الاكتشاف.

وصار بريستلي خبيرًا كبيرًا في تحضير الغازات وتناولها، واستخدم حوض جمع الغازات الذي كان قد اخترع حديثا. وإليه يعزى فضل تعديل الطريقة العادية. وذلك باستخدام الزئبق بدلا من الماء في الجهاز المذكور، وبذا استطاع أن يجمع غازات جديدة كانت تضيع دون أن تلاحظ فيما سبق من التجارب بسبب ذوبانها في الماء الموجود في الحوض المذكور، وكان من بين تلك الغازات ثاني أكسيد الكبريت والنشادر وأكسيد النيتريك وغاز حامض الايدروكلوريك.

وتحسنت أحوال بريستلي المالية في أخريات أيامه، وفي عام ١٧٧٥ كان أمينا لمكتبة لورد شيلبيرن ومرافقًا أدبيا له، ورافقه في كثير من أسفاره، وفي السنة السابقة أهدى إليه بعض المعجبين عدسة كبيرة يبلغ طول قطرها قدما وبهذه "الزجاجة الحارقة" سخن مواد عديدة تحت ظروف كان من الصعب فيها إنجاز التسخين حتى إذا كان ممكنا. وكان بين المواد المذكورة أكسي الزئبق الأحمر الذي حصل منه على غاز شجع احتراق الشمعة إلى درجة سماه معها بريستلي "بالهواء الذي أخذ منه الفلوجيستون". وقد دهش بريستلي نفسه لما حصل، فقد بدأ التجربة ولم تكن عنده فكرة عما قد يحدث. فقد قال إن من محض المصادفة أن كانت هناك شمعة مضاءة إلى جانبه فخطر له للتو أن يرى تأثير الغاز الجديد على لهب الشمعة، وبما أنه كان من المؤمنين بنظرية الفلوجيستون فقد كاد يغيب عن صوابه مما رأى، حتى أنه لم يدرك أهمية اكتشافه. وفي السنة التالية كان يزور لافوازييه في باريس فحدثه عن تجربته.

ورحب لافوازييه لساعته بهذا الكشف العارض، إذ وجد فيه معولا أخيرًا يقوض نظرية الفلوجيستون. وكان الغاز الجديد هو الأوكسجين، والذي يتحتم وجوده لحصول الاحتراق، وبقي بريستلي، وهو مكتشف الغاز غير مقدر لكشفه وفيا لاعتقاده في الفلوجيستون! والحق أن بريستلي رغم عبقريته وتحمسه للعمل، كان يتخبط!

ولم يكن غريبًا في ذلك الوقت، أن يغضب الكثيرون على قسيس يداعب العلم والسياسة، فقد كان بريستلي يهتم أيضًا بالسياسة، وجانب الحكمة حين تفوه علنا بمشاعر تظاهر الثوار في فرنسا، مما ترتب عليه أن هاجم بيته نفر من الغوغاء، فكسروا أجهزته وأحرقوا حطامها، واستطاع

صاحب البيت أن ينجو بجلده. وهاجر إلى أمريكا في ١٧٩٤ حيث عاش مبجلا من الجميع، ومستمرا في أعماله النافعة حتى مات في ١٨٠٤، وكان يملي مذكراته من فراش موته، فلم يمسك عنها إلا قبل لفظ النفس الأخير بنصف ساعة.

وكان هنري كافنديش Henry Cavendish المولود عام ١٧٣١ أسد أبناء زمنه غرابة في أطواره والتماعا في علمه وكان جديرًا –وهو ربيب ثروة وجاه– بأن يتسنم مكانة في الحياة العامة، ولكنه آثر عليها حياة الانزواء فلا يختلط إلا بزملائه العلميين، وإن لم يسعد برفقتهم إلا وهو يناقش العلم وشئونه، ويحكى أن رصيده ببنك إنجلترا في وقت ما، قد جاوز المليون من الجنيهات، على أنه لم يأبه لثروته حتى لم يعرف عنه أنه يمتلك في أي وقت أكثر من بذلة واحدة، ولما حاول البنك أن يحمله على استغلال ماله كان ضجره من مقاطعة أبحاثه شديدًا حتى هدد بسحب كل ماله من البنك إن لم يتركه أربابه في سلام! وهي حال لم يعرف لها مثيل فيما نعتقد.

وكان كافنديش شديد العناية بالنظام والترتيب في كل ما يأتي، فلم يغير من نسقه اليومي إلا فيما ندر، ولم يتناول كتابا من مكتبته الخاصة دون قيده على نفسه في سجل الاستعارات!.

وأجرى تجارب عديدة على الغاز الذي حصل عليه من إذابة المعادن في الأحماض، وهو الغاز الذي نعرفه باسم الأيدروجين، وكان من نتيجة تلك التجارب إثبات أن الماء لم يكن عنصرًا كما كان معتقدًا حينذاك، بل إنه مادة مركبة من اتحاد الأيدروجين والأكسجين– أو بلغة ذلك العصر "هواء أخذ منه الفلوجيستون متحدًا مع الفلوجيستون"، كما بين كافنديش عمليا في دقة رائعة

نسبة كل من الغازين في هذا الاتحاد، فخلط مقياس نصف مليون حبة من الأيدروجين بمقياس مليون وربع مليون حبة من الهواء العادي، وبعد إتمام الاحتراق البطيء جمع وكثف "أكثر من ١٣٥ حبة من الماء". وذهب كافنديش إلى أبعد من ذلك إذ على أساس إدراكه أن قدرًا معينًا فقط من الهواء العادي (الأوكسجين) هو الذي يتحد مع الأيدروجين، أخذ يحسب مقدار الجزء من الهواء (الأزوت) الذي لابد أن يتخلف بعد الاتحاد. واستطاع أن يثبت أن هذا المقدار قد بقي فعلا دون تغير فيه، ثم أعاد التجربة كلها، مستخدما غازي الأيدروجين والأوكسجين النقيين. وفي هذه المرة أحرق الغازين في كرة من الزجاج لا تزال محفوظة بجامعة مانشستر وبرهن برهانا لا شك فيه أن حجمين من الأيدروجين قد اتحدا مع حجم واحد من الأوكسجين لتكوين الماء النقي، وأن وزن هذا القدر من الماء كان مساويا لوزن الغازين المتحدين لتكوينه.

وكان كافنديش مجربًا عملياً لا يشق له غبار، فالعلم عنده هو الحساب والمقاس، فاستنبط طريقة لتحليل الهواء، واختبر بها مئات من عينات الهواء التي جلبها من كل ما استطاع من مصادر. وفي خلال تحاليله التي قاس فيها مقدار الأوكسجين بواسطة فرقعته مع الأيدروجين النقي– لاحظ كما لاحظ بريستلي ولافوازييه وآخرون، أن قدرا صغيرًا من مادة حامضية قد تكون في كل مرة. ولم يكن كافنديش بالرجل الذي يفوته شيء كهذا دون محاولة الكشف عن أسبابه، فوجد أن الشرارة الكهربائية قد هيأت لقدر قليل من أزوت الهواء أن يتحد مع الأوكسجين وفحص كافنديش هذه الحقيقة الجديدة في إسهاب كبير حتى لتعتبر الطرق الحديثة لتثبيت الأزوت الجوي الذي تحضر منه الأسمدة الصناعية– متفرعة من تجاربه. كذلك لاحظ أن بالهواء

شيئًا، قد يبلغ جزءًا في المائة منه، يشبه الأزوت، ولكن لم يكن حمله على الاتحاد مع الأوكسجين، وكانت هذه الملاحظة نقطة الابتداء في ذلك العمل الرائع الذي أئمة بعد نحو قرن من الزمان لورد رايلي Rayleigh وسير وليام رامزي William Ramsay والذي كان من نتائجه فصل "الغازات النبيلة" كما سميت من الهواء. وتضم هذه الغازات الأرجون والهليوم والنيون– وكلها الآن سلع تجارية.

ولم يتزوج كافنديش– فقد كان خجولا إلى درجة لم يستطع معها النظر إلى امرأة، ولم يضع قط نفسه طواعية في مركز يضطره إلى ملاحظتها. وكانت مديرة منزله تتصل به عن طريق الكتابة، كما حرص خدمة من النساء على تجنب طريقه، عالمات أنهن يخاطرن بوظائفهن إذا وقع نظره عليهن! وعلى كرهه هذا للناس فإنه لم يك قط شحيحًا. يحكى أن أمين مكتبته كان مريضًا فما أن سئل من أجله معونة مالية حتى أعطى عشرة آلاف جنيه متسائلاً إذا كان المبلغ المذكور كافيًا! وبما أن مائة فقط كانت كافية، فقد أفعم قلب المريض شكرًا وعرفانا!

وعاش كافنديش حتى أشرف على الثمانين. وفي مساء أحد الأيام عاد من اجتماع الجمعية الملكية وقد أحس بوطأة المرض، فدعا أحد خدمة وأنهى إليه بتفاصيل ما يريد أن يتبع عند موته، ونبهه أن لا ينفذ شيئًا حتى ينفذ أمر الله، ومات فعلا في نفس المساء، فقضى في صمت وهدوء واحد من أكبر علماء العالم، وخلد اسمه بإنشاء "معمل كافنديش للبحوث" في كامبريدج.

وفي عام ١٧٩٤ بباريس أعدم بالمقصلة انتون لافوازييه وهو بعد في الثالثة والخمسين. وكان عند القبض عليه مشتغلا بسلسلة تجارب على

التنفس والعرق، وكانت زوجته الشابة ماري آن تعمل كاتمة لسره (سكرتيرة) وكان قد تزوجها وهو في السادسة والعشرين بينما لم تتجاوز هي الرابعة عشرة، ولكنها كانت زيجة سعيدة لم يخبر فيها لافوزاييه مطلقًا ثورة الطباع الجامحة التي كان على زوجها الثاني الكونت رامفور Rumford أن يناضلها. وتعلمت مدام لافوازييه الإنجليزية واللاتينية لتعاون زوجها، كما كان لها من موهبة الرسم ما جعلها تقوم بجميع الرسومات، والمشروعات اللازمة لمذكراته العلمية.

ويظهر أنه لافوازييه كان شابا مبكر النضج، وكانت أسرته من الثراء بما أتاح له أحسن فرص التعلم، ونما عقله بسرعة حتى انتخب عضوا بالأكاديمية في الخامسة والعشرين ومنذ ذلك الحين والحكومة تنشد خدماته، وتولية المناصب الهامة، كسكرتارية وزارة الزراعة، كما اشتغل بمشاريع ذات شأن كتأسيس صناديق التوفير، والملاجئ، وشركات التأمين. وعين أيضًا في وظيفة جاب عام للإيرادات، فيحدد الضرائب ويجمعها، وهذا ما أدى إلى القبض عليه، فقد اتهم فيما اتهم، بإضافة الماء إلى طباق الجنود. مسئولي بذلك على إيراد من إيرادات الدولة، ورأس المحكمة كوفينال Coffinhal فحكم عليه بالإعدام قائلا "إن الجمهورية ليست في حاجة إلى العلماء" وعلق على ذلك عالم الرياضيات العظيم لاجرانج Lagrange في باريس بقوله "لقد استغرق قطع هذه الرأس لحظة، مع أن إنتاج مثلها يستغرق مائة عام".

ويعود إلى لافوازييه الفضل في هدم نظرية الفلوجيستون لأنه استطاع أن يثبت أن "الهواء الذي أخذ منه الفلوجيستون" والذي حدثه عنه بريستلي، وكان ذلك الجزء من الهواء الجوي الذي لعب دورًا رئيسيًا في كل عمليات الاحتراق والتنفس. كما لاحظ لافوازييه تكون أكاسيد حامضية من الكبريت

والكربون والفسفور، واستنتج من هذا (خطأ كما نعرف الآن) أن "الهواء الذي أخذ منه الفلوجيستون" هو العامل الحامضي، وللإشارة إلى هذا اقترح تسميته بالأكسجين، وهي كلمة مشتقة من اليونانية ومعناها "منتج الحامض" وكان هذا في عام ١٧٧٨ أي بعد زيارة بريستلي له وتحدثه عن غازه العجيب بأربعة أعوام.

ولم يلق تفسير لافوازييه للاحتراق القبول السريع، بل ظل الكثيرون يحقرون من شأن نظريته حتى أثبت بالبرهان –بعد أربعة أو خمسة أعوام– تركيب الماء. وسمع بلا جدن Blagden الذي كان أمينا لسر كافنديش بتجارب هذا على الماء فاستطاع بذلك أن يكرر بعضها قبل إعلانها أمام الجمعية الملكية، إذ لم يكن قط من خلفية كافنديش أن يسارع بنشر اكتشافاته وقد تريث في هذه الحالة بالذات في إبلاغ تجاربه إلى الجمعية حتى يستبين تماما سباب تلك الآثار الحامضية التي تتخلف عن فرقعة الأيدروجين في الهواء وكذلك ظن الكثيرون أن لافوازييه كان مكتشف حقائق الماء، كما أنه تجنب الإشارة إلى رسالة بلادجن لأنه أراد الاستئثار بشرف الاكتشاف، بينما كان كافنديش في جانبه لا يهمه كثيرا من يحظى بذلك الشرف ما دامت الحقائق قد أيدت.

وكان لافوازييه بين الأوائل الذين جهدوا لإرساء اللغة الكيميائية على أساس معقول حتى تكون مفهومة بوجه عام، وحتى تزيل ضباب ذلك الغموض الذي كانت تتشح به الكتابات العلمية، وتعاون مع مورفو morveau وبرتولليه Berthollet وفوركروى Fourcroy في استنباط نظام جديد لتسميات مبسطة قبلت فيما بعد، ولو بعد شيء من المعارضة كالعادة. وكان مورفو محاميا استحال عليه فهم الكتابات العلمية، وتأثر به لافوازييه حتى دعاه لمعاونته في

وضع النظام الجديد، أما برتولليه فكان معلما شخصيًا لنابليون في الكيمياء، وكان فوركروى أحد الكيمياويين المعاصرين، وقدم النظام المذكور إلى الأكاديمية الفرنسية في أبريل ١٧٨٧، ثم ظهر بعد عامين كتاب لافوزييه. "رسالة أولية في الكيمياء" —فكانت بشير العقيدة الجديدة اللافلوجيستونية إلى العالم، وبشير نظام التسمية الجديد.

واشتغل لافوازييه في أواخر أيامه بتحليل مواد حيوانية ونباتية، فلاحظ أنها جميعًا حين تحترق تنتج الماء وغاز حامض الكوبونيك، ومن هذا استنتج بحق أن الكربون والأيدروجين يدخلان في تركيب هذه المواد. ثم بدأ يعمل لإيجاد طريقة يعرف بها تركيب مثل هذه المواد بواسطة وزن الغازات التي تتكون إبان الاحتراق، ولكن كان من نصيب ليبيج liebig الكيميائي الألماني المشتهر أن يحسن الطريقة المذكورة ولا تزال طريقة ليبيج هي المستخدمة الآن بعد تغيير طفيف جدا في الجهاز الذي صممه.

وكانت الكيمياء في مختتم القرن الثامن عشر قد وصلت إلى نقطة حاسمة، فقد تكدست حقائق جديدة اتضحت من خلالها بعض قوانين الطبيعة، فمثلا كان من نتائج التجارب الكيميا التي قام بأغلبيتها الكبرى بروتولليه ولافوازييه أن زادت الأشياء وضوحًا، فتبينا أن التغيرات الكيميائية ما هي إلا تغيرات لم تخلق عنها مادة جديدة —فكل ما نتج من التجربة كان موجودا حين بدأت، وهذا ما يسمى الآن "بقانون بقاء المادة". وكذلك بدأ يتضح أن تركيب مادة نقية لا يتغير أبدًا، وهي حقيقة لم يتيسر حينذاك قبولها بواسطة الجميع، وذلك لصعوبات التحليل والشك في نقاء المواد لتي حللت، أما الآن فهي حقيقة تلقائية الوضوح، وتلخص في "قانون التركيب الثابت". كما أثبت أيضًا أن تلك المواد التي كانوا يظنونها عناصر (كالهواء والماء) لم

تكن مواد بسيطة وأن عدد العناصر كان أكبر بكثير مما كانوا يعتقدون في أيام بويل مثلا.

وكان الوقت ملائما للخطوة التالية، أي نظرية تفسر الحقائق التي أثبتت، وتؤدي إلى بحوث جديدة، ففي سنة ١٧٦٦ ولد جون دولتون بكمبر لاند Gumbrland واحدًا من خمسة أبناء لنساج، ولم يستطع لفقره إلا أن يحصل أغلب تعليمه الأول من أبيه ومن مدرسة الكوايكرز[٢] Quakers القريبة من منزله. وما بلغ الثانية عشرة حتى مارس التعليم ليسهم في دخل الأسرة، واستمر يعمل مدرسا حتى بلغ السابعة والعشرين فانتقل إلى مانشستر ليدرس الرياضة والفلسفة في الكلية الجديدة.

ويظهر أن دولتون كان واسع الاطلاع وأنه قرأ " رسالة أولية في الكيمياء" لافوازييه وكان موضوع دراسته الأكبر هو الهواء الجوي، فسجل الأحوال الجوية يوما بيوم لمدة تقرب من الخمسين عاما. وعرف أن الهواء يحتوي على غازات عديدة بينما أكد له المؤهلون لتحليه أن تركيبه لا يختلف من مكان إلى آخر إلا اختلافا تافها جدا. وحتى العينات المأخوذة بالبالونات على ارتفاعات تبلغ ستة كيلو مترات وجدت محتوية على نفس الكميات الصغيرة تقريبا من غاز حامض الكربونيك الثقيل التي احتوتها العينات المأخوذة من على سطح الأرض. واشتدت حيرة دولتون وأدرك —وهو بعد رجل ذو خبرة عادية في التجارب العملية أن ليس ثمت تجربة يستطيع أن يجريها هو لتفسر له ما غمض عليه من هذه الحقائق، فأخذ يحاول أن يتخيل بناء الغازات وكيف يكون ليفسر انتشارها في العالم. وقد تخيل الفلاسفة

([٢]) جماعة الكوايكرز أو جمعية الأصدقاء أسسها جورج فوكس على مبادئ روحية دينية في أواسط القرن السابع عشر وانتشرت تعاليمها وفروعها خصوصًا في إنجلترا وأمريكا (المترجم).

خلال حقبات التاريخ، صورة غير جلية للمادة وكأنها مركبة من ذرات، والذرة كلمة تدل على شيء بلغ من الصغر درجة لا يمكن تقسيمها بعد. وآمن دولتون بوجود الذرات، فإذا كان هذا كذلك صار من الممكن إذا تصور خصائص لهذه الذرات تفسر بعض الحقائق المعروفة، ووسع دولتون الفكرة حتى وصل بها إلى ما يعرف الآن بنظرية دولتون الذرية والتي أشار إليها دون تفصيل في محاضرات بالمعهد الملكي عام ١٨٠٣، ثم ظهرت تفاصيل أخرى عام ١٨٠٨ في كتاب "نسق لدراسة الكيمياء System of Chemistry الذي ألفه صديقه تومسون Thomson وهو من يمكن القول بأنه وجه الأنظار إلى النظرية المذكورة.

ويمكن تلخيص هذه النظرية فيما يلي:

تتركب العناصر من ذرات، متماثلة تماما في العنصر الواحد، وخاصة من حيث الوزن، وذرات العناصر المختلفة ذات أوزان مختلفة. وتتكون المركبات من التحام ذرات بنسب ثابتة، فمثلا.

ذرة واحدة من ا مع ذرة واحدة من ب

أو ذرة واحدة من ا مع ذرتين من جـ

أو ذرة واحدة من ب مع ذرتين من جـ وهكذا.

قال دوما Dumas ذات مرة إن النظريات هي "عكازات العلم يتخلص منها في الوقت المناسب"، وقد ثبتت فائدة نظرية دولتون للعلم حتى لم يكن من الضروري أبدا أن نتخلص منها، وكان من المستحيل، بتلك الأجهزة البصرية في زمن دولتون، أن ترى شيئا في صغر الذرة، ولعل دولتون كان يؤمل

أن يجئ المستقبل بمن يستطيع أن يثبت وجود الذرة بالدليل البصري. ونعلم أ، ذلك الأمل لن يتحقق، حتى بوسائلنا المحسنة جدا، فإن الذرات أصغر من أن يكون لها أي أثر منظور على أشعة الضوء التي يمكن للعين الإنسانية إدراكها، فهناك حد لما تمكن رؤياه من حجم الجسيمات، وهو حجم يحدده طول موجة الضوء، ولا صلة بينه وبين درجة التكبير التي يصل إليها المجهر. ومع ذلك فكل الأسانيد المتجمعة تثبت أن الذرات وحدات حقيقية. وقد قيس حجمها ووزنها الواقعي بطرقية غير مباشرة، ولكن بدرجة لا بأس بها من الدقة، كما قيست الأوزان النسبية لأنواع مختلفة من الذرات. وتظهر أهمية النظرية الذرية للكيمياء في أننا نستطيع، بمعاونتها، أن نصرو ما يحصل في التغيرات الكيميائية سواء أأدت هذه التغيرات إلى تكوين مواد أبسط من المركبات أو إلى عكس ذلك. وهي تمكننا في الحقيقة من أن نرى بالضبط ما يجب علينا عمله لتكوين جزئ معين، أي مقدار ما نحتاج من كل مادة، ومقدار ما يكن تكوينه من المادة المطلوبة تحت ظروف مثالية الخ... بل أن النظرية المذكورة في الكيمياء هي بمقام المحاسبة في الأعمال.

وهذا ما ندين به لدولتون، الذي قدر له أن يعيش حتى يرى نظريته وقد قلبها الجميع واستخدمها. ومات في ١٨٤٤ ميتة هادئة سريعة، كما مات بريستلى وكافنديش بعد أن استمر في عمله بما نشستر حتى قبل نهايته ببضع ساعات.

وافتتح اكتتاب عام لتخليد ذكراه، فجمع من المال ما يكفي لمنحات دراسية في الأبحاث بكلية أوينز Owens وكان أول من انتفع بها جوزيف جون تومسون Jeseph John Thomson الذي انتقل بعد ذلك إلى كايمبردج حيث خلف لورد رايلى في راسة معمل كافنديش وكان.

تومسون المذكور أكثر من أنار الطريق لدراسة الذرة الواحدة، حتى ليعود الفضل إليه أو إلى معاونيه السابقين في معظم ما نعرفه اليوم عن هذا الموضوع.

الفصل الثالث

الكيمياء والطبيعة[٣]

أدرك المفكرون من أقدم الأزمان أهمية الماء والهواء القصوى لجميع الأشياء الحية، وتكلموا عنها في شيء من الغموض باعتبارهما عنصرين أساسيين.

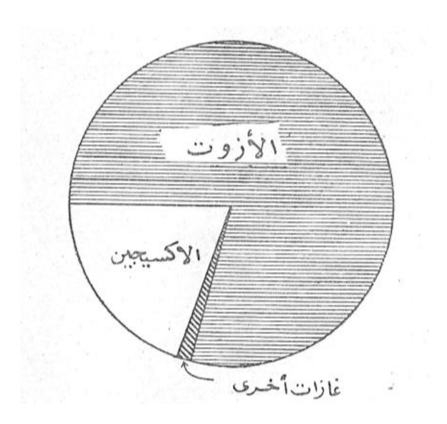
ومع علمنا الآن بأنهما ليسا عصرين لأن الهواء خليط من الغازات، والماء مركب بسيط –إلا أن أهميتها في نظام الطبيعة أوضح مما كان في أي وقت مضى، فكلاهما وثيق الصلة بالعمليات الجوهرية والتغيرات البطيئة التي تجرى في الخطوط العامة لسطح الأرض.

والمكونان الرئيسيان للهواء الجوي، هما الأزوت (النتروجين) الذي يكون من حجم الهواء الجاف ما يقترب من أربعة أخماسه، والأوكسجين الذي يكون حوالي الخمس من ذلك الحجم. وللأزوت، بوصفه عنصرا بضع خصائص عجيبة، وبما أنه لا يظهر إلا ميلا ضعيفا للاتحاد مع العناصر الأخرى، فإن دوره الهواء الجوي يبدو غير فعال. والواقع أن هذا صحيح إلى حد كبير، فآزوت الهواء لا يلعب دورا مباشرا في مثل عمليات التنفس والاحتراق والانحلال ولكن مع أن الأزوت العنصري ليست له خصائص تلفت النظر، فإن مركبات الأزوت ذات أهمية قصوى في كثير من الأحوال.

(٣) Nature

والعنصر المذكور أساسي في تركيب جميع الأجسام الحيوانية والنباتية وكذلك في التربة الخصبة، فكثير من الأصباغ والعطور، والمفرقعات، والسموم، والعقاقير والمواد الغذائية هي مركبات آزوتية. وسنوضح في الفصل القادم كيف أن آزوت الهواء لا يمكن اعتباره غير فعال تماما إذ أنه، تحت تأثير أنواع معينة من بكتيريا التربة، تتحد نسبة يسيرة منه بعناصر أخرى لتكوين مركبات ذات شأن للنبات.

على أن في الهواء الجوي، مقادير صغيرة من غازات أخرى خاملة كيميائيا، ولا تكون مركبات إطلاقا، وأول هذه الغازات هو الأرجون الذي يكون نحو ١% من الهواء، وفائدته الصناعية الرئيسية هي ملء المصابيح الكهربائية به، فلم يعرف عن الغاز المذكور ميل للاتحاد مع السلك المتوهج الحار وتقصير أجله. (أنظر شكل ١)



(شكل ١) تركيب الهواء

والهيليوم، وهو الغاز الذي لا يشتعل والذي يستعمل في أمريكا لملء البالونات —غاز آخر من غازات الجو الخاملة، وإن كانت نسبته فيه تافهة،

ويذكرنا اسمه المشتق من كلمة "الشمس helios باليونانية" بقصة الكشف عنه.

ففي عام ١٨٦٨ كشف منظار الطيف (أو الاسبكتروسكوب) أن بالشمس عنصرا غير معروف على الأرض، ولو أنه وجد بعد ذلك مع خام معدني نادر اسمه كليفايت (Clevite) وذلك بعد أن اكتشف الأرجون رايلي ورامزاي سنة ١٨٩٤ فقد وجد الأخير منهما بعد ذلك بقليل كميات صغيرة من الهيليوم في الهواء. وبما أن الهواء الجوي في إنجلترا هو المصدر الوحيد لغاز الهيليوم فقد تعذر الحصول علة كميات كافية منه لملء البلونات وسفن الهواء، أما في كندا والولايات المتحدة فقد اكتشف وجوده بكميات معتدلة في بعض الينابيع الساخنة. وليس لهذا الغاز من قوة الدفع ما للأيدروجين الذي تبلغ كثافته نصف كثافة الهيليوم، ولكن، عدم تسرب هذا الغاز من نسيج البالون وفوق ذلك، عدم قابليته للاشتعال– يجعلان منه بديلا ممتازًا الأيدروجين.

وهناك غاز خامل آخر جدير بالذكر هو النيون الذي يكون من الهواء جزءًا من مائة ألف جزء، والذي يستخدم في أنابيب النيون الضوئية المعروفة.

والغاز الجاف يقاوم في العادة مرور التفريغ (discharge) الكهربائي مقاومة شديدة، ولابد من جهد (Voltage) عال جدًا لإمرار الكهرباء بين قطبين حتى إذا لم تزد المسافة بينهما عن بضع بوصات، ويتم التفريغ حينذاك في صورة شرر يشبه ومضات البرق. أما إذا كان القطبان داخل أنبوبة أغلقت باللحام بعد سحب أغلب الهواء أو غاز آخر منها، فإن مرور الكهرباء يميل عندئذ إلى الاستمرار، فتمتلئ الأنبوبة بوهج يتوقف لونه إلى حد على طبيعة

الغاز القليل المتبقي فيها. وقد أثبت النيون صلاحيته للاستعمال في مثل هذه الأنبوبة للحصول على نوع معين من الإضاءة. وصار وهجه البرتقالي الأحمر منظرًا مألوفًا في الإعلانات المضاءة ولإرشاد الطائرات إلى الهبوط بالمطارات. ويمكن الحصول على ألوان أخرى باستعمال غازات أخرى أو باستعمال أنابيب من زجاج ملون، فأنبوبة الأرجون تبعث ضوء بنفسجي باهتا، والهيليوم أبيض عاجيا، وبخار الزئبق أزرق، ولو أن الاسم العام الذي أطلق على هذا النوع من الإضاءة هو الإضاءة بالنيون، سواء أكان الغاز المستعمل هو النيون أو غيره.

ويحتوي الجو، بالإضافة إلى الأرجون، والهيليوم، والنيون، على غازين خاملين آخرين هما الكريبتون Krypton والزينون Xenon، ولكن بمقادير ضئيلة جدًا حتى لتجعل استخدامها صناعيًا عملا لا قيمة له.

والأكسجين الذي يكون حوالي خمس الهواء الجاف بالحجم، هو الجزء الأكثر نشاطا من الهواء، فأظهر خصائصه قدرته على الاتحاد مع مواد أخرى لتكوين الأكاسيد. والاحتراق مثل من أمثلة التأكسد السريع، فاحتراق الفحم، والخشب، والزيت، والغاز، ينتج، بوجه عام، أكاسيد العناصر الموجودة في هذه الأنواع من الوقود.

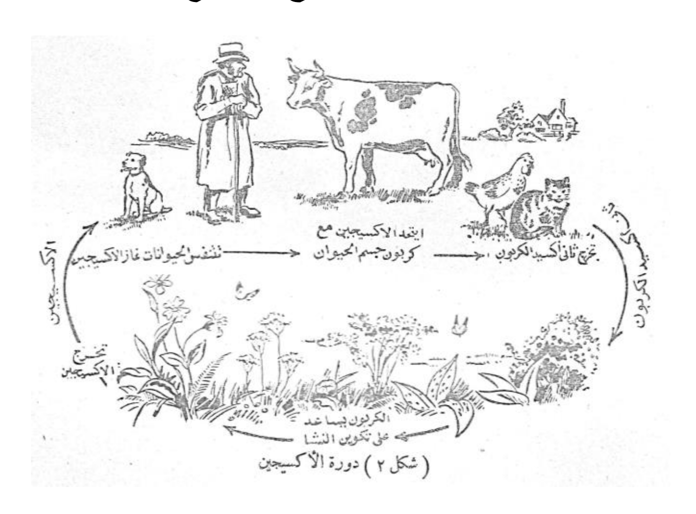
وصدأ الحديد صورة أخرى من صور التأكسد، فالصدأ الأحمر أو البني اللون هو في أغلبه خليط من أكاسيد الحديد.

ويلعب الأكسجين دورًا هامًا في تنفس الإنسان والحيوان، فالآلة الحيوانية، مثلها مثل غيرها من الآلات الهامة الأخرى، تحصل على طاقتها بإحراق الوقود، وهو في هذه الحالة الخاصة الطعام الذي تأكله.

ويستخدم الطعام بادئ ذي بدء لبناء أنسجة الجسم المختلفة، ثم تحترق بعض هذه الأنسجة، وبما أن الأيدروجين والكربون هما من العناصر المكونة للحم، فإن أكاسيدهما أي الماء وثاني أكسيد الكربون هما نتاج الاحتراق، وتتخلص منهما الرئتان بالزفير.

ولثاني أكسيد الكربون الخارج إلى الهواء نتيجة لعملية التنفس أهمية رئيسية لنا، فمن المفيد إذا أن نعرف شيئًا عن طريق تكونه، وعن وظائفه المتعددة في الهواء الجوي.

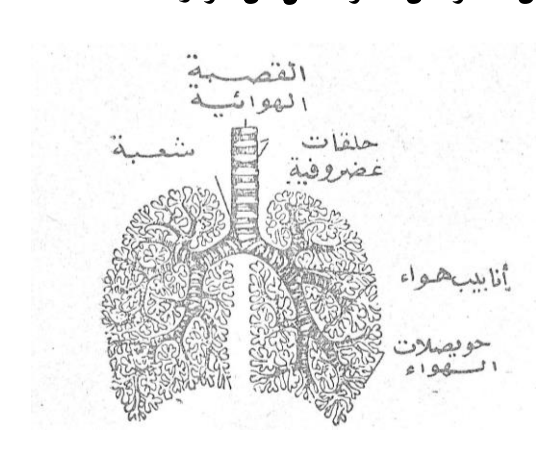
ففي عملية التنفس يدخل إلى الرئتين مع هواء الشهيق الأكسجين اللازم للاحتراق، ثم يحمله الدم إلى جميع أجزاء الجسم، ويتكون ثاني أكسيد الكربون من اتحاد الأكسجين بكربون أنسجة الجسم، ثم يحمله الدم بطريقة مماثلة إلى الرئتين، ومنهما إلى الخارج نهائيًا مع هواء الزفير.



(شكل ٢)

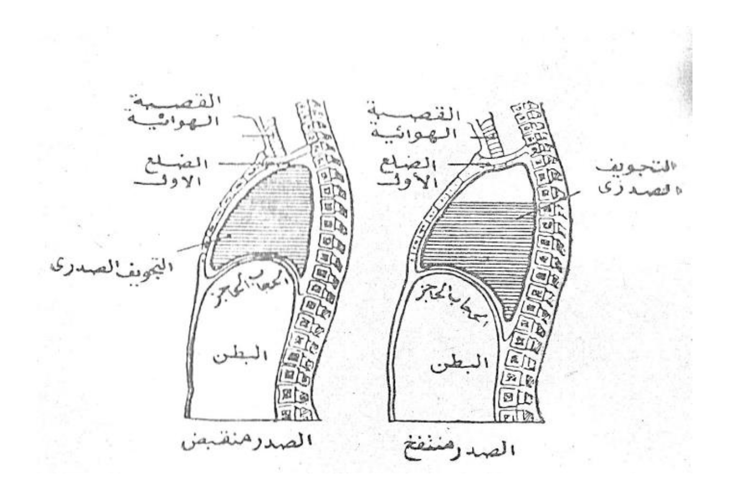
وتختلف كمية الأكسجين التي يحتاجها الإنسان باختلاف الطاقة التي تحتاجها عضلاته للقيام بما يطلبه منها، فالشخص الذي يقوم بأعمال يدوية قد يحتاج إلى أربعة لترات ونصف لتر من الأكسجين في كل دقيقة، بينما يكفيه نحو نصف هذا المقدار لو كان مستريحا.

ولا تمتلئ الرئتان إلى آخرهما، أو تفرغان تمامًا، في كل شهقة أو زفرة، إذ لا تحتوي رئتا الإنسان العادي في التنفس الطبيعي السهل على أكثر من نحو ٢,٨ لتراً من الهواء، وفي كل شهقة يدخل نحو نصف لتر من الهواء فيختلط بالهواء الموجود في الرئتين، ثم يخرج من حجم هذا الخليط في الزفير مثل ما دخل في الشهيق. وعلى ذلك فمن الممكن، بالتنفس العميق، أن نزيد الهواء الداخل إلى ١,٧ لترًا، فتحتوي بذلك الرئتان منه على نحو خمسة لترات، فإذا ما زفرنا إلى النهاية أخرجنا نحو سبعة اتساع هذا الهواء تاركين في الرئتين المفرغتين أكثر بقليل من لتر واحد.



(شكل ٣)

ويبلغ مقدار ثاني أكسيد الكربون في هواء الزفير نحو ٤– ٥ أجزاء في المائة منه، ولو أن هذه النسبة تختلف طبعًا باختلاف كمية ما يحمله الدم من هذا الغاز إلى الرئتين، وبمدى التنفس، وعمقه.



(شكل ٤)

والاستمرار في التنفس العميق، حين تكون أغلب العضلات في حالة راحة ولا تنتج كثيرًا من ثاني أكسيد الكربون– يخفض من ثاني أكسيد الكربون في هواء الرئتين، وبالتالي في هواء الزفير وتكون النتيجة الفسيولوجية بناء على ذلك، للتنفس العميق في حالة الراحة، أن العضلات المختصة بالتنفس غير الإرادي تتوقف مؤقتًا عن العمل، وبذا يمكن الإمساك عن التنفس بعض الوقت. ويفسر هذا السبب فيما يقوم بع الغطاسون ونحوهم ممن يضطرون للإمساك عن التنفس وقتا طويلا– من التدرب على التنفس العميق.

ويصل ثاني أكسيد الكربون باستمرار إلى الهواء من مصادر أخرى غير تنفس الحيوان، فكل أنواع الوقود الشائعة الاستعمال تحتوي على الكربون،

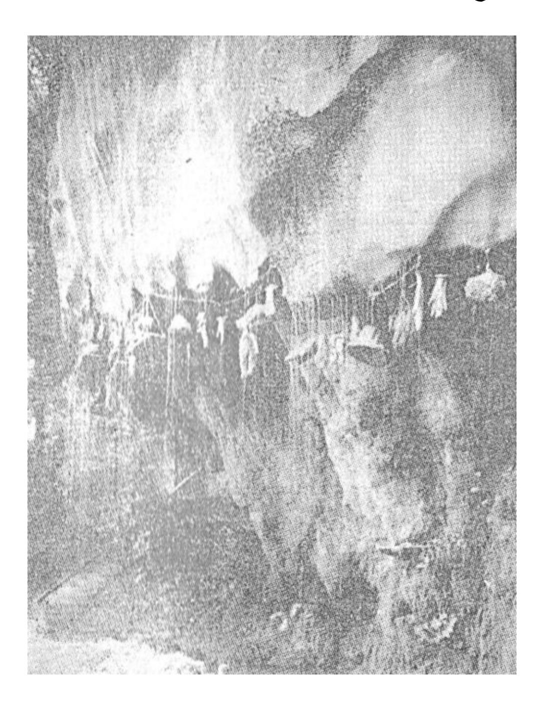
فتبعث إلى الجو عند احتراقها بنصيبها من ثاني أكسيد الكربون. كما ينبعث الغاز المذكور من انحلال البقايا الحيوانية والنباتية، ولذا يوجد في كل الأراضي الخصبة. بل إنه ليخرج من شقوق الأرض في بعض الأنحاء، كما يتجمع، وهو غاز ثقيل، في المنخفضات من بعض هذه الأماكن ليكون جوا خانقا، فإن ثاني أكسيد الكربون، ولو أنه غير سام تماما لا يسمح بالاحتراق، ولذا لا يصلح للتنفس. وفي جروتو ديلكاني Grotto del Cane أو غار الكلب على مقربة من نابولي وحيث يركد الغاز في طبقة عمقها قدمان أو ثلاثة أقدام– تختنق الكلاب وغيرها من الحيوانات الصغيرة، بينما لا يتعرض الإنسان للخطر إلا إذا انطرح على الأرض.

ويحتوي الهواء العادي في كل عشرة آلاف جزء منه على نحو ثلاثة أجزاء من ثاني أكسيد الكربون، وهي نسبة لا تعد كبيرة جدًا إذا اعتبرنا المصادر المستمرة للغاز من عمليات الاحتراق والتنفس والانحلال، بل المدهش أن هذه النسبة لا تختلف من مكان إلى آخر في الهواء الطلق إلا قليلا جدًا.

والانتشار السريع إحدى صفات الغازات جميعًا. ولذا تتفرق بسرعة تلك الكميات الكبيرة المنبعثة من مراكز الصناعة والمساكن، وتختلط بالجهات البعيدة جدًا من الجو.

ويعزى عدم ارتفاع نسبة ثاني أكسيد الكربون في الهواء إلى حاجة النباتات الخضراء لهذا الغاز، فهي تتركب في أغلبها من الكربوايدراتات وهي مواد مكونة من الكربون والأيدروجين والأوكسجين، ويوجد فيها العنصران الأخيران بالنسبة التي عليها يوجدان في الماء. وقد تكون هذه الكربوايدراتات

في صورة الخلووز أو النشاء أو السكر ومع أن الطريقة التي يركب النبات بها هذه المواد ليست معروفة بالتدقيق، فمن المعتقد أن الماء الذي تمتصه الجذور يتفاعل مع ثاني أكسيد الكربون الذي تمتصه الأوراق، ليكون أولاً الفورمالديهيد والأوكسجين، ثم ينطلق الأخير إلى الجو، وتجري في الفورمالديهيد عملية البلمرة Polimerization لتكوين الكربوايدراتات. ومهما تكن العلميات المتداخلة، فالمعروف أن النشاء يتكون في الأوراق الخضراء إبان سطوع الشمس، بينما ينطلق الأوكسجين من تلك الأوراق.



(شكل ٥) البئر المنقطة (تتحجر الأشياء المعلقة بمضي الوقت وذلك بفعل الماء المتساقط عليها..)

ولا يتكون النشاء في الساعات المظلمة، فلا يمتص ثاني أكسيد الكربون أو ينبعث الأوكسجين.

ويعتقد البعض خطأ بانبعاث غاز سام في النباتات إبان الليل. حقيقة أن النباتات، علاوة على تمثيلها للكربون، تتنفس، فتمتص الأوكسجين وتخرج ثاني أكسيد الكربون ولكن هذه العملية ضئيلة جدًا، وتعادلها بتفوق كبير العملية العكسية أثناء النهار. ولا شك أن مطالب النبات من الجو بالليل تكاد تكون لا قيمة لها، وعليه فلا حاجة للممرضة الغيورة بالمسارعة إلى إخراج الأزهار مساء من غرفة المريض. والواقع أن زائرًا يتحدث مع المريض لبضع دقائق ليستهلك من الأوكسجين ويخرج من ثاني أوكسيد الكربون أكثر مما تفعل باقة من الورود طول الليل.

ورغم ضآلة كمية ثاني أوكسيد الكربون الجوي، فإنه يلعب دورًا كبيرًا في تفتيت الصخور.

فالماء يذيب في درجة الحرارة والضغط العاديين نحو قدر حجمه من الغاز. ويذيب ماء المطر المتساقط من الجو بعض الغاز، ومتى انساب هذا الماء خلال التربة السطحية أذاب كميات أكبر بكثير حيث ينبعث الغاز من البقايا الحيوانية والنباتية أثناء انحلالها، وهكذا يحمل ماء المطر جيدًا بغاز ثاني أوكسيد الكربون في طريقه من الجو إلى النهر وإلى المنابع التحتية.

ولكن الأمر لا يقتصر على ذلك، فإن لهذا المحلول الحامضي نوعًا مقدرة عجيبة على إذابة أنواع معينة من الصخور وخاصة حجر الجير والطباشير اللذين يتكونان في أغلبهما من كربونات الكالسيوم.

فالكربوناتات– خلا كربونات الصوديوم والبوتاسيوم لا تذوب في الماء، ولكنها تذوب في محاليل ثاني أكسيد الكربون لتتحول إلى بيكربوناتات ذائبة، ولابدع فإن لمحلول الغاز المذكور قوى إذابية بعيدة الأثر.

فمثلا يسيل هذا المحلول على صخور حجر الجير فيذيب بالتدريج سطوحها، ثم يدخل خلال شقوقها وشروخها وقد ينحت بذلك كهوفا تحت الأرض.

وينتهي الأمر بكثير من كربونات الكالسيوم المذابة إلى البحر، وهناك يستخلصها من الماء عديد من الحيوانات البحرية ذات الأجسام الرخوة لتبنى منها أصدافها، ثم تكون الأغطية الجيرية للسلف من سكان الأصداف طبقة سميكة على قاع البحر من طين لزج، وقد تنكشف هذه الطبقة في عهد جيولوجي قادم لتصير أرضًا أو تلالا جيرية مرة أخرى.

وليست الستالاكتايت والستالاجمايت التي نراها في كثير من كهوف الحجر الجيري إلا نتيجة مباشرة للمقدرة الإذابية التي يتمتع بها حامض الكربونيك، فإن الماء المحتوى على بيكربونات الكالسيوم ينساب ببطء في الشقوق التي بسطح الكهف، فتفقد كل نقطة منه بالتبخر أثناء تدليها ما فيها من الماء تاركة راسبا صغيرًا من كربونات الكالسيوم على سقف الكهف، ويسقط المتبقي من النقطة على قاع الكهف ليخلف راسبا مماثلا. وتضيف النقاط المتتالية أنصبتها من الرواسب حتى تتدلى من السقف بمضي الوقت نتوءات كنتوءات الجليد، بينما تتكون تحتها مباشرة تشكيلات مماثلة. وتمر السنون، فيستطيل ما تدلى من السقف، ويعلو ما نبت على القاع، ويتضخم الجميع طولا وسمكا وقد يلتقيان نهائيًا فتتكون العمد وكأنها تحمل على هاماتها سقف الكهف. وتتميز الستالاجمايت المكونة من كربونات الكالسيوم أو المغنسيوم وحدهما بالبياض وينقلب هذا البياض ملونا إذا شابت الراسب المذكور آثار من معادن أخرى كالحديد والنحاس أو الكروميوم.

وفي كهوف تشدار Cheddar بإنجلترا، وكهوف هان Grottoes of Han ببلجيكا نشهد أمثلة جميلة من الستالاكتايت والستالاجمايت، ويختلف بداهة معدل وها باختلاف المتساقط من المحلول الجيري كمية وقوة، وكذا بسرعة التبخر الحاصل فيه، وهكذا لا يمكن تقدير عمر هذه الرواسب بقياس مدى الترسب أو النمو الحالي. ويقال إن فريقًا من البحاث قضى عدة سنوات في القياس والحساب ثم استنتج أن قاع كهف معين قد استقبل طبقة جيرية بمعدل بوصة واحدة في كل عشر سنوات، وقد أصاب دقة هذه النظرية غير قليل من الشك حين عملت حفرة تمتد إلى ما يعادل ألفي عام على القياس المذكور، فوجدت زجاجة جعة تحمل اسم مصنع معروف.

وآبار التحجير، كما يدعونها، مثل آخر من أمثلة المقدرة الإذابية لحامض الكربونيك، وتوجد هذه الآبار عادة في مواطن الحجر الجيري، وتغذيها المياه المتساقطة الحاوية لبيكربونات الكالسيوم. فإذا علقت الأشياء، لا في البئر، ولكن بحيث يفيض عليها المحلول المتساقط- غطيت الأشياء المذكورة بكربونات الكالسيوم، فتبدو بعد زمن وكأنها قد انقلبت إلى حجارة.

وتتكون "فروة" الغلاية ورواسب المراجل بطريقة مماثلة، غير أن الترسيب يتم في هذه الحالة لا بالتبخر، وإنما بفقد غاز ثاني أكسيد الكربون من الماء، إذ أن الماء حين يقارب درجة الغليان، يتطاير منه الغاز الذائب فيه، وبذا يفقد قوة إذابته لكربونات الكالسيوم فترسب هذه على حوائط المرجل أو الغلاية. وتكون رواسب المراجل مشكلة خطيرة، إذ لا يقتصر ضررها على تضييق مواسير المرجل، ولكنها- وهي موصل ردئ للحرارة، ستدعو إلى الإسراف في الوقود.

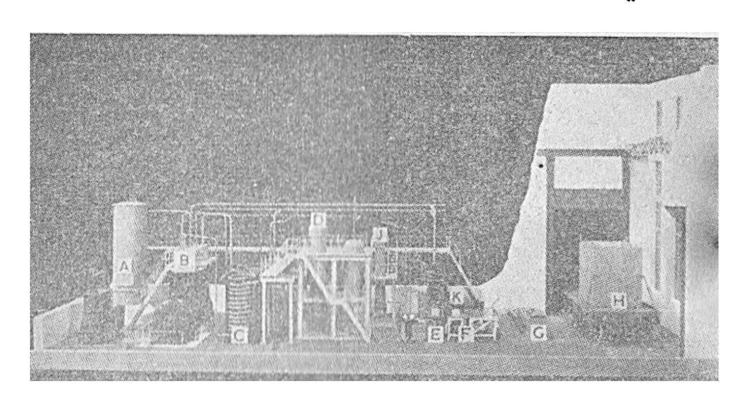
كذلك قد ينفجر المرجل أحياناً بسبب انسداد كلي أو جزئي في مواسيره، وقد تتمزق ماسورة لتمدد ما بداخلها من رواسب بسبب تمددها بالحرارة.

ويمكن اعتبار ثاني أكسيد الكربون سببًا أصليا في تكون رواسب المراجل، وسببًا عرضيًا في تضييع كميات هائلة من الصابون نتيجة لعسر الماء عسرًا مؤقتًا، أي ذلك العسر الذي يزول بغلي الماء. أما العسر الدائم والذي لا يزول بالغلي فلا يعتبر ثاني أكسيد الكربون سببا مباشرًا له، إذ أن السبب في هذا العسر هو وجود كلوريد أو كبريتات معدنية تذوب في الماء دون حاجة لثاني أكسيد الكربون.

ولتجنب أي لبس في الموضوع يجب أن نوضح أن المراجل التي تغذيها مياه لا تحتوي على بيكربونات مذابة لا تنجو دائمًا من الرواسب المذكورة، ذلك أن كبريتات الكالسيوم، وهو شائبة شائعة في المياه الطبيعية، تذوب في الماء البارد أكثر مما يفعل في الماء الساخن، وعلى ذلك يمكن أن يترسب في مواسير المرجل حين ترتفع درجة حرارة الماء.

وتزيد درجة ذوبان ثاني أكسيد الكربون زيادة كبيرة إذا عرض الغاز المذكور للضغط، ففي صناعة المياه الغازية يدفع الغاز في الماء الذي يعبأ في زجاجات ثم تقفل هذه تحت الضغط. وما الفوران الذي تراه حين نفتح زجاجة ماء الصودا إلا نتيجة لانبعاث فقاقيع الغاز المذكور بمجرد تخفيف الضغط عنه.

صنع ثاني أكسيد الكربون الجامد :



(شكل ٦)

ينقي غاز ثاني أكسيد الكربون في البرج A ثم يضغط في B ويبرد ويسيل في المكثف C. ويخزن ثاني أكسيد الكربون السائل في أسطوانات قوية من الصلب D ومنها يمكن سحبها حسب الحاجة إلى أسطوانة الضاغط المائي E الذي يشغل بزيت عالي الضغط من المركم الذي تغذيه مضخة الزيت K. وينتج من دفع ثاني أكسيد الكربون السائل تكون "ثلج" ثاني أكسيد الكربون الذي يمكن ضغطه إلى مكعبات جامدة. وتنزع المكعبات المذكورة من الضاغط ثم تقطع إلى أي شكل مطلوب بالمنشار F وتعبأ G وتعد للتوزيع في صناديق معزولة H.

ولا يحتوي ماء الصودا عادة على الصودا، كما قد يبدو من الاسم، ولكنه ماء عادي فوق- مشبع بثاني أكسيد الكربون. أما ماء الصودا الذي شاع صنعه بجهاز السيلنزوجين Seltzogene القديم في أواخر القرن الماضي فقد كان غازه يولد داخل الجهاز من تفاعل كيميائي وكان السيلتزوجين تكون من فقاعتين من الزجاج القوى تتصلان بعنق ضيقة. والجهاز (شكل ٧) سدادة

بها صنبور ذو قضيب ضاغط وأنبوبة طويلة تصل إلى قاع الفقاعة السفلى. فإذا أردنا شحن الزجاجة بالغاز، تملأ الفقاعة السفلى بالماء، وتوضع في العليا كميات جافة موزونة من بيكربونات الصودا وحامض الطرطريك. ثم ينكس الجهاز ويرج فتذوب المادتان المذكورتان في الماء وتتفاعلان، وينبعث من التفاعل غاز ثاني أكسيد الكربون، فيذوب بعضه ويبقى الباقي تحت ضغط في الفقاعة العليا. فإذا ضغط القضيب دفع الغاز السائل الذي في الأنبوبة الطويلة وطرده من الفوهة إلى الخارج.

وينبعث الغاز من مسحوق سيدلتز Seidlitz الحديث بنفس الطريقة، فإن الورقة البيضاء تحتوي على حامض الطرطريط وتحتوي الزرقاء على بيكربونات الصودا.

وتحتوي الشمبانيا، والجنجر بير المصنوعة منزليا، والسوائل الأخرى التي تترك لتتخمر في زجاجات مقفلة– تحتوي كلها على غاز ثاني أكسيد الكربون الناتج من التخمر مذابا تحت الضغط، وما انطلاق سداد زجاجة الشمبانيا إلا نتيجة لضغط الغاز المتجمع في عنق الزجاجة.

ولا تبدو ثمة علاقة بين المياه الغازية ومطفئات الحريق، ومع ذلك ف يخرج أحد أنواع المطفئات المذكورة عن كونه في الحقيقة صورة مكبرة لجهاز السلتزوجين كما يتضح في الشكل (رقم ٨) وفيه يملأ الإناء المعدني بمحلول كربونات الصوديوم (صودا الغسيل) كما تحتوي الأنبوبة الزجاجية المغلقة باللحام على حامض الكبريتيك. وبذلك يصبح الجهاز مصدرًا محتملاً لثاني أكسيد الكربون، فضربة واحدة على العقدة تدفع الكباس الذي يحطم الأنبوبة الزجاجية فينسكب الحامض ليتفاعل مع الكربونات وتنتج مقادير كبيرة من

الغاز الذي يخرج من الفتحة في رشاش مختلط بالسائل. ويفيد مثل هذا الجهاز في إطفاء حريق صغير خصوصًا إذا سببه اشتعال الزيت أو البترول حيث لا يجدي استعمال الماء للإطفاء، لأنه سينشر السائل الملتهب ويوسع دائرته.

وفي صورة معدلة للجهاز المذكور يضاف الصابون (أو مادة أخرى مستحلبة) إلى السائل الموجود في الإناء مما يجعل السائل المرشوش يجثم على النار كرغوة مكونة من فقاقيع ثاني أكسيد الكربون، معززة بذلك قوة الغاز الإطفائية.

وإذا برد الغاز المذكور إلى درجة– ٧٨° مئوية لتكثف سائلا لا لون له، كما يمكن تحويله بالضغط وحده إلى سائل في درجات الحرارة العادية. ففي درجة ١٥° مئوية مثلا يتحول الغاز إلى سائل إذا عرض لضغط يزيد نوعا عن ٥٢ جوا، وكلما زادت الحرارة زاد الضغط اللازم للتسييل، حتى إذا ما وصلت الحرارة إلى ٣٢° مئوية استحال تسييل الغاز مهما زاد الضغط، وبذا تسمى ٣٢° مئوية الدرجة الحرجة لغاز ثاني أكسيد الكربون.

ولكل غاز درجته الحرجة، أي درجة الحرارة التي يمكن فيما تحتها تسييل الغاز بالضغط، والتي إذا تجاوزناها لاستحال تسييل الغاز مهما رفعنا الضغط. فمثلا الدرجة الحرجة للأوكسجين– ١١٩° مئوية وللأزوت– ١٤٦° وعلى ذلك يجب تبريد هذين الغازين صناعيا قبل إمكان تسييلهما بالضغط، أما غاز الهيليوم فمن العسير تسييله لأن درجته الحرجة هي– ٢٦٨° مئوية.

ويمكن الانتفاع بالغازات ذوات الدرجات الحرجة العالية كثاني أكسيد الكربون والنشادر وثاني أكسيد الكبريت– بوصفها موادًا للتبريد، ويعد ثاني

أكسيد الكربون أصلح هذه الغازات الثلاثة للاستخدام في الثلاجات الموجودة في أماكن يعتبر فيها من الخطر تسرب غازات مؤذية.

وإذا ترك ثاني أكسيد الكربون السائل ليتبخر بسرعة فإن امتصاص الحرارة اللازمة لتبخيره تجمد جزءًا منه إلى ما يشبه الثلج، وتحتوي أسطوانة الصلب المعروفة على ثاني أكسيد الكربون المضغوط أغلبه على حالة سائلة، ومن السهل الحصول عليه في حالة صلبة بتنكيس الأسطوانة وإطلاق بعض السائل في كيس من الخيش فيمتلأ الكيس سريعا بما يشبه الثلج الذي يمكن ضغطه إلى مكعبات.

وتنتج هذه المكعبات التي تسمى "بالثلج الجاف" على نطاق تجاري، وتباع للتبريد كما في حالة المثلجات التي تباع في الشوارع، والتي يحفظ البائع برودتها بوضع مكعب من الثلج الجاف فوقها، وميزة هذا الثلج أنه لا ينصهر كالثلج العادي ليترك ماء، ولكنه يتحول إلى غاز يتطاير في الهواء كما يمكن تناوله باليد في أمان بشرط أن لا يضغط، فإن الغاز يكون غلالة رقيقة عازلة بين اليد والمكعب فلا يحس جلدها بالبرودة القارصة، أما إذا ضغط المكعب، كسرت الغلالة المذكورة، وقد يصاب الجلد ببثور مؤلمة تشبه البثور المتخلفة عن الحريق.

الفصل الرابع

الكيمياء والتربة

قد تكون الزراعة أقدم الفنون النافعة، فقد فلح الإنسان الأرض قبل بزوغ فجر الكيمياء بوقت طويل. فهدف بوسائله البدائية إلى معاونة عمليات الطبيعية، والتحكم فيها، لتنتج له غذاءه. ولم يتلق الزارع حتى وقت حديث من العلوم إلا الضئيل أو العديم من المساعدة، ومع ذلك فإن خبرة القرون المتراكمة قد هيأت من وسائل إنتاج الحاصلات الزراعية ما كفى لإطعام الشعوب المتزايدة أعدادها في البلاد المتمدينة، اللهم إلا في أزمان النكبات الجوية.

وقد نمت في الزراع، ولا تزال تنمو، تلك الغريزة الغربية لإدارة الأرض، والتي تبدو وكأنها لا تتيسر إلا لمن نشأ ودب على الأرض. ومع ذلك فقد جاء زمن بدا للناس فيه أن التربة قد بلغت حدها الأعلى من الإنتاج، وتعين إذًا البحث عن مساحات أخرى لزراعتها للوفاء بمطالب الغذاء المتزايدة.

وفي استطاعة الكيمياوي الآن أن يعاون الزراعي، ومع أن مهارة الزراع وخبرته لا تزال لهما الصدارة في الأهمية، إلا أ، الكيمياء قد أصبحت وصفية للزراعة.

وكان تشاركهما في بادئ الأمر مفعما بالصعاب، إذ علاوة على تشكك الزراع بطبيعته في أهل النظريات، فلم يكن من اليسير تبين المبادئ العلمية

الكامنة تحت كثير من الوسائل التحسسية (empirical) التي يزاولها الزارع الناجح.

وقد شهد النصف الأول من القرن التاسع عشر مبادئ هذه المحاولات والتي كان أكثرها على يد بوسينيول Boussingault في فرنسا، وليبيج liebig في ألمانيا ولوز Lawes وجيلبرت Gilbert في إنجلترا.

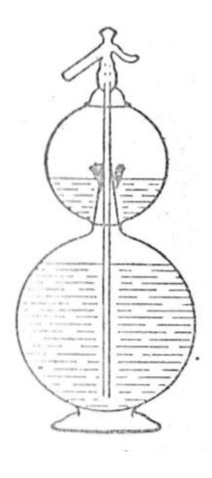
وجدير بالذكر أن المشاركة العلمية بين الأخيرين دامت سبع وخمسين سنة وهي مدة لم يضرب رقمه القياسي إلا في القليل من الأحوال. فقد أسس ج. ب. لوز محطة تجارب روثامستد Rothamsted بمعاونة ج. هـ. جيلبرت في عام ١٨٤٣. وزادت أهمية هذه المحطة على مر السنين حتى صارت تتناول الآن الزراعة بالبحث من جميع نواحيها، وكان ما تم هناك من أعمال من أهم الوسائل لتنمية صلة نافعة سارة بين رجال العلم والزراعة العلمية. وقد تولى لوز إبان حياته الإنفاق على ذلك المعهد، ثم أنشأ قبل وفاته بوقت قصير مؤسسة لوز الزراعية بهبة قدرها مائة ألف من الجنيهات.

وكانت الأبحاث الأولى التي أجريت بالمحطة تدور حول خصب التربة، وكان قد عرف قبل ذلك بزمن طويل أن النباتات تستمد جزءًا من غذائها من الأرض التي تستنفد بمرور الزمن فتتضاءل غلتها، كما عرف بالخبرة أن خصب الأرض المستنفدة يمكن تجديده باستعمال سماد الإسطبل (السباخ البلدي).

وكانت نقطة الابتداء في هذا البحث إذا هي معرفة التركيب الكيمياوي للسماد المذكور.

وانتهى لوز وجلبرت إلى أن القيمة المخصبة لسماد الإسطبل تعزى إلى وجود العناصر الثلاثة: الآزوت (النتروجين) والبوتاسيوم والفسفور. وخطر لهما أن من الممكن إضافة مركبات هذه العناصر إلى التربة دون الحاجة إلى السماد المذكور، الذي كانت كمياته أقل مما هي الآن، بل لم يكن من اليسير للزارع أن يحصل دائمًا على حاجته منه. وخيل للباحثين أن خليطا من سلفات النشادر (وهي مركب آزوتي)، ومركبات البوتاسيوم المستمدة من رماد النباتات أو أعشاب البحر، ومركبات الفسفور في صورة العظام المدقوقة أو صخر الفوسفات– قد يكون بديلا نافعًا، بل كانت للخليط مزية أخرى هي أنه أكثر تركيزا من سماد الإسطبل مما يعني اقتصادا هائلا في نفقات النقل.

وأسس لوز مصنعا في ديتفورد Depeford لصنع الأسمدة الصناعية، ومن ثم بدأ صناعة نمت منذ ذلك الوقت نموا هائلا، فإن الإنتاج العالمي الآن للأسمدة الصناعية يحسب بملايين الأطنان.



(شكل ٧)التلزوجين

ومع أن الاستنتاج الأصلي الذي وصل إليه لوز وجيلبرت كان صحيحا لغاية الحد الذي ذهب إليه إلا أنه لم يكن كل الحقيقة، فإن النظرة الكيمياوية البحتة إلى العلاقة بين النبات والتربة لا تفسر كل شيء.

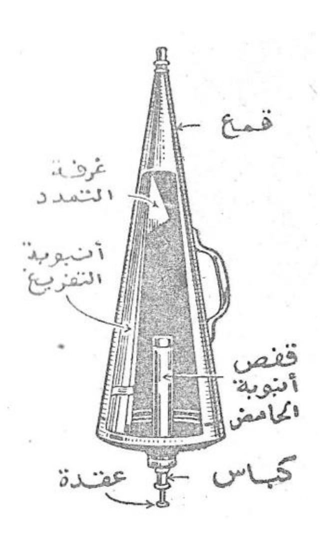
صحيح أن الأزوت، والبوتاسيوم والفسفور هي عناصر أساسية لحياة النبات حياة صحية، وأن استخدام مخصبات صناعية حاوية لهذه العناصر الثلاثة يمكن أن يؤدي إلى زيادة غلة المحاصيل زيادة كبيرة، ولكن يظهر أن العناصر الثلاثة المذكورة لا تعطي للنبات كل ما يحتاجه من التربة، ولا يزال المحنكون من الزراع يعتبرون سماد الإسطبل السماد الذي لا يباريه سماد، فالحق أن التربة التي تتلقى هذا السماد بانتظام لا نرى فيها شيئا من علامات التدهور، بينما تظهر هذه العلامات بعد وقت على التربة المسمدة بالأسمدة الصناعية. ذلك أن التربة الخصبة ليست مجرد خليط بسيط من المواد المعدنية وحسب، بل إنها تحوي مقادير مختلفة من المادة العضوية الناتجة من انحلال ما مات من حيوان أو نبات؛ وتعرف هذه المادة باسم الدبال، وتكون بالتقريب ذلك الجزء من التربة الذي يختفي بالحريق حين نسخنها إلى درجة عالية. كما أن هناك الأحياء الزاخرة بالتربة؛ لا من الديدان وما كبر من المخلوقات الأخرى التي نبصرها، وحسب، ولكن من الأحياء الدقيقة التي لا تدركها العين المجردة؛ وإن جاوز عددها الملايين في ملء ملعقة شاي من التربة.

ولا ندرك على وجه التحقيق الدور الذي تلعبه كل هذه المكونات المتباينة في تقدم نمو النباتات، ولو أن هذا الدور موجود لا ريب فيه. وقد تكون القيمة الخاصة لسماد الإسطبل هي في كونه مصدرا للدبال ومنظما

لحياة الكائنات الدقيقة في التربة، وقد تكون أيضًا في احتوائه على مقادير صغيرة من مركبات نافعة لا تمده بها المخصبات الكيمياوية.

وفي أنحاء أخرى، تعلم الكيمياوي أن يقدر قيمة المواد الضئيلة، أو آثارها فمن المحتمل أن يكون لكل كمية، مهما دقت، من مواد معينة أثرها الكبير في حياة كائن متوازن كالنبات.

وعلى ذلك فالزارع الماهر يستخدم كل ما استطاع الحصول عليه من سماد الإسطبل، ويعززه بكميات من الأسمدة الصناعية، ويستطيع ضبط كمياته هذه طبقا لنوع المحصول وحالة التربة، فإننا نعرف الكثير من التأثير الخاص. لكل نوع من الأسمدة على النبات.



(شكل٨) قطاع في جهاز إطفاء الحرائق بطريقة كيميائية



(شكل ٩) حقل القمح الدائم ببرود بولك، وهو أقدم حقل من نوعه في العالم فقد زرع بالقمح كل سنة دون استثناء منذ عام ١٨٤٣.

فالأسمدة الآزوتية عادة تشجع النمو السريع وخصوصا الجزء الخضري من النبات، ويساعد البوتاسيوم على إنتاج النشا والصور الأخرى من الكربوايدراتات، أما الفسفور فيشجع النمو الجذري ويعاون على عمليات النضج.

وقد نالت مركبات الأزوت، من وجهة النظر الخاصة بالاحتياجات النباتية، عناية أكبر مما نال البوتاسيوم أو الفسفور، فالأخيران من أصل معدني في الغالب، ولا يفقدان من التربة بسرعة، اللهم إلا بقدر ما يحتاجه النبات منهما. أما مركبات الأزوت فالأمر فيها على خلاف ذلك، إذ تكاد جميعًا في أصلها إلى انحلال المواد العضوية، كما أنها تفقد من التربة بطرق متباينة.

وبما أن الغذاء السائل هو وحده الذي يستطيع دخول الجذور، فإن مواد التربة الصلبة التي تذوب في الماء هي التي تصلح غذاء مباشرًا للنبات.

والمركبات الآزوتية على صورها المتعددة تتناولها أيدي التغيير في التربة، وتتحول أخيرًا إلى آزوتات ذائبة هي غذاء النبات. ومن دواعي الأسف

أن قابلية الآزوتات للذوبان السريع تؤدي إلى سهولة فقدها من التربة بالغسيل ولهذا السبب لا تبقى الآزوتات بالتربة طويلا، فما لا يمتصه النبات منها يذهب على الأرجح هباء في مياه الصرف.

ويحتوي سماد الإسطبل والمواد النباتية المنحلة على مركبات آزوتية معقدة، وتجري التغيرات الكيميائية فيها بواسطة بكتريا التربة التي تحيلها أخيرًا إلى آزوتات. وقد أثبت هذا لأول مرة شلوزنج Schloesing ومنتز Miintz في عام ١٨٧٧، فقد كانا بسبيل دراسة تأثير مرشحات الرمل على سائل المجاري، فلاحظا عند إمرار تيار بطيء من السائل المذكور في عامود من خليط الرمل والطباشير، أن النشادر تمر دون تغير فيها طيلة عشرين يوما، ثم تقل كمياتها بعد ذلك ولكنها تظهر مختلطة بالأزوتات وأخيرًا تختفي النشادر كلية ولا يكون بالسائل غير الآزوتات.

وكان المظنون حتى ذلك الوقت أن تحول النشادر إلى آزوتات بواسطة مرشحات الرمل لا يخرج عن كونه عملية كيمياوية ترجع إلى تأكسد النشادر بواسطة أوكسجين الهواء الموجود في مسام المرشح. ورآى شلوزنج ومنتز في تأخر هذا التأكسد عشرين يوما ما يدل على أن العملية بكتيرية أكثر منها كيمياوية، وإذ لو كانت عملية تأكسد بسيط لبدأت توًا دون إبطاء، أما العملية البكتيرية فمن المعقول أنها تبدأ بعد نمو الأحياء اللازمة وتكاثرها التكاثر الكافي لملء فراغات المرشح.

وكان من السهل اختيار النظرية المذكورة. فأضافا شيئا من أبخرة الكلوروفورم إلى المرشح قاصدين تعقيمه بقتل ما قد يكون فيه من الأحياء، فوقف التغير من النشادر إلى الأزوتات في الحال. ثم غسل المرشح من

الكلوروفورم جيدًا، وأضيف إليه جزء من تربة مرشح آخر تحوي الكائنات الحية المطلوبة، فبدأت الأزوتات حالا في الظهور مرة أخرى.

وأثبتت تجارب تالية أجراها بحاث آخرون صدق ما استنتجه الباحثان الأولان، وهو أن تكون الأزوتات في التربة من مركبات أزوتية أخرى هو عمل من أعمال البكتيريا.

وكان هدف الكيميائي هو دراسة هذه التغيرات للتمكن من اقتراح الطرق الواجبة لاستخدام الأسمدة الطبيعية والصناعية المحتوية على الأزوت استخدامًا اقتصاديًا. فالأسمدة الأزوتية أعلى الأسمدة ثمنًا، ولذا وجب في استعمالها مراعاة القصد كل القصد في ما سيغسل من الأزوت في مياه الصرف.

واستعملت نترات الصودا من الشيلي بكميات كبيرة ولسنوات طويلة، ومن مميزاتها أنها سماد صالح للاستعمال في التو بواسطة النبات. ومن أجل هذا وجب إعطاؤها للنبات باحتراس، ذلك أنه لو أضيفت نترات الصودا إلى الأرض قبل البذر أو قبل تكون الجذور النباتية الكافية لامتصاصها لضاعت كلها تقريبًا في مياه الصرف دون إفادة النبات منها، وعلاوة على ذلك فإن النبات يمتص بجذوره محاليل مخففة جدًا، وإضافة سخية من ملح كهذه النترات السهلة الذوبان في الماء سينتج عنه تكون محلول قوي في التربة وسيترتب عليه خروج الماء من خلايا الجذور بدلاً من دخول المحلول المذكور فيها، وبذا تذوى الأوراق، وقد يموت النبات.

وعلى ذلك فإن إعطاء سماد النترات على دفعات صغيرة متعددة تيسر للنبات امتصاصها أدعى إلى إفادته من السماد ولا يعرضه للضياع.

على أن هذه السياسة، إذا تيسرت لزارع الحديقة أو رقعة صغيرة من الأرض. فهي غير ممكنة عمليًا في أحوال كثيرة للزارع الكبير. ذلك أن عليه استخدام السماد إما قبل البذر، وإما قبل أن تصير النباتات عالية إلى درجة يخشى عليها فيها من أن تدوسها الأقدام، ولذا يفضل في العادة من الأسمدة ما يكون أقل ذوبانًا من الأزوتات.

ولم يعرف من صور الأسمدة الكيميائية الأزوتية الشائعة حتى ختام القرن التاسع عشر غير اثنين هما نترات الصودا أو كبريتات النشادر، ثم ارتفع صوت النذير على لسان سير ويليام كروكس William Crookes في اجتماع الجمعية البريطانية British Association في عام ١٨٩٨ ببريستول Bristol، حين قال إن العالم مهدد بالمجاعة في وقت غير بعيد، وذلك للأسباب الآتية:

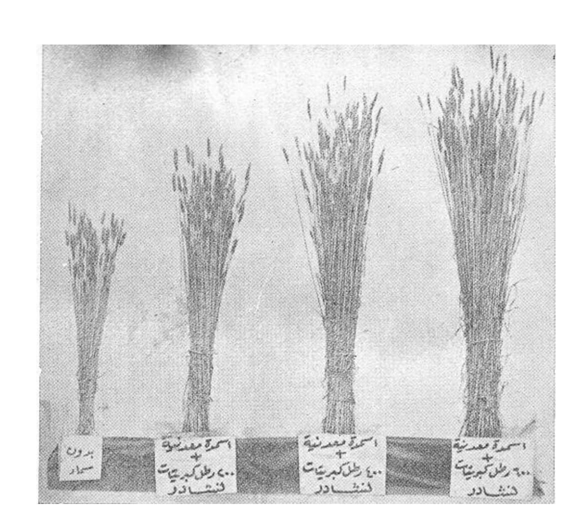
أن عدد سكان العالم يتزايد بسرعة، وعلى الأرض الزراعية إنتاج كميات من القمح تتزايد بالتبعية لتغذية السكان، وسيحتاج هذا إلى كميات أكثر وأكثر من الأزوت للاحتفاظ بخصب التربة إلى المستوى العالي المطلوب، ولا يكفي سماد الإسطبل لأداء هذا الغرض، كما أن طبقات النترات في شيلي ستنفد بعد ستين عامًا، أما كبريتات النشادر من مصانع الغاز فكمياتها محدودة أيضًا، وبناء على ذلك فلن يمضي وقت طويل حتى يبدأ خصب الأرض في التناقص ويأخذ الحرمان في الانتشار. وسيكون من دواعي السخرية أن تتضور نباتات القمح جوعًا إلى الأزوت، بينما يملأ هذا العنصر الجو من حواليها، وهو ممتنع عليها لأنه في حالة منفردة!

وكانت النبوءة حالكة اللون، ولكن لا يمكن تجاهلها بالكلية، وقد جاءت على لسان أحد أساطين الكيمياء في ذلك الوقت، ولو أن جريدة التايمز Times نشرت رسالة مطمئنة من لوز وجلبرت يقولان فيها إن سير ويليام كان متشائمًا أكثر مما يلزم.

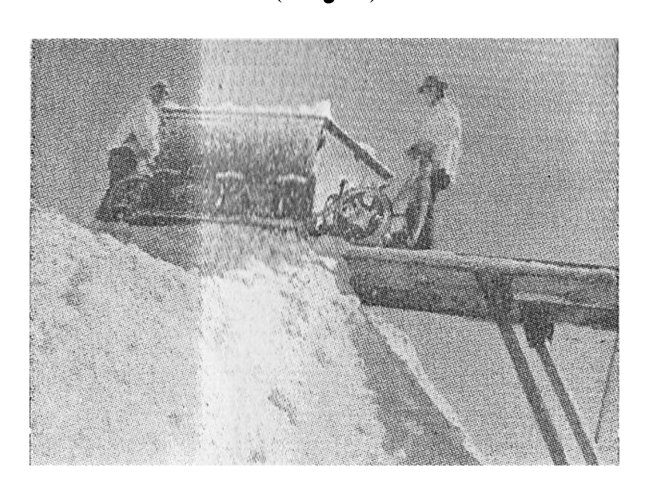
وعلى كل حال فقد بين هذا العالم أن مستقبل الأزوتات بيد الكيماويين، فلو أنهم استطاعوا فقط، بطريقة ما، أن يحملوا أزوت الهواء على الاتحاد بمواد أخرى، لاستطاع العالم أن ينعم برصيد لا يكاد ينفد من مركبات الأزوت.

ولم تكن المهمة يسيرة، فقد علمنا أن الأزوت عنصر ضئيل الميل إلى الاتحاد، وكانت هناك طريقتان معروفتان من قبل تتم بهما الطبيعة هذا الاتحاد– إحداهما بيولوجية، والثانية كيمياوية.

أما عن الأولى فقد كان معروفًا منذ آلاف السنين أن نباتات البقول كالبسلة والفول والبرسيم تحسن التربة التي تزرع فيها، وأنا مركبات الأزوت في الأرض التي ينمو فيها البرسيم مثلاً تصبح أكثر بعد الزراعة عما كانت قبلها. وبقى هذا الأمر الغريب غامضًا حتى كان عام ١٨٨٦ حين جلاه باحثان ألمانيان.



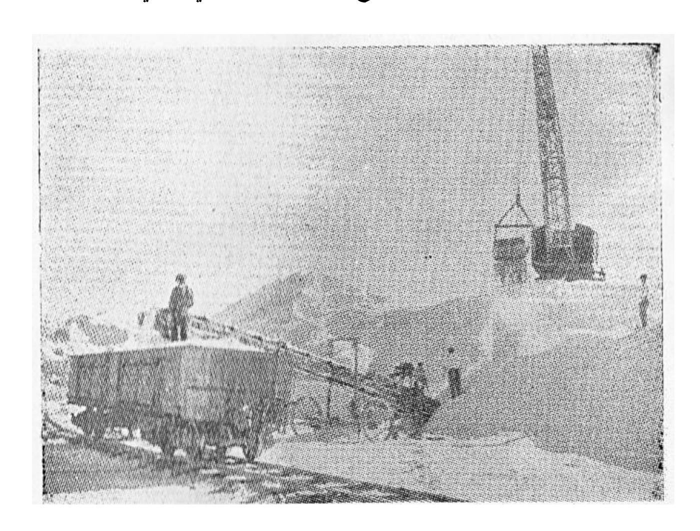
(شكل ١٠)



(شكل ١١) (أ) صناعة النترات في شيلي



(شكل ١١) (ب) تابع صناعة النترات في شيلي



(شكل ١١) (جـ) تابع صناعة النترات في شيلي

فقد وجدا أن بذور نباتات الفصيلة البقولية تنمو عليها درنات صغيرة، وأن في هذه الدرنات يسكن صنف من البكتيريا يستطيع استخدام الأزوت الجوي في تكوين مواد نافعة له وللنبات الذي تعيش على جذوره البكتريا، وهكذا يصير هناك تبادل نفعي بين النبات البقولي والبكتيريا، فالنبات يوفر المأوى للبكتريا؛ وهذه تصنع له الغذاء الأزوتي؛ ويجب أن ننبه إلى أن هذه

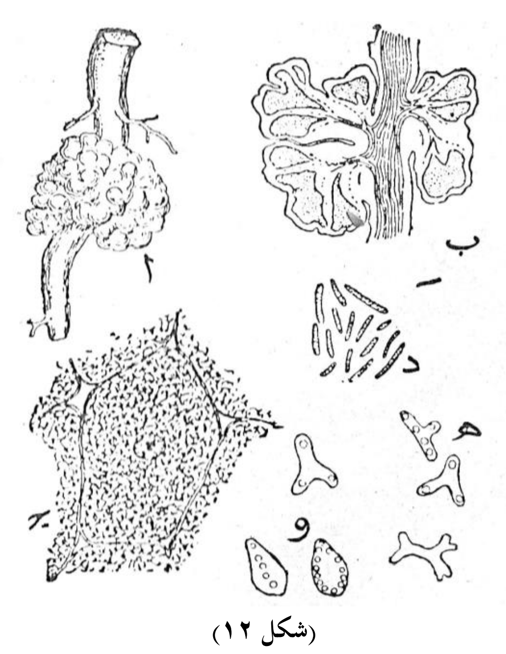
البكتريا تختلف عن النوع الذي يحل مركبات الأزوت المعقدة بالتربة فيحيلها إلى أزوتات.

واكتشفت بعد ذلك أنواع أخرى من البكتيريا تستطيع تثبيت الأزوت، وهي أنواع تختلف عن سابقيها في أنها تعمل مستقلة عن النبات، وقد أصبح موضوع بكتريا التربة، وخصوصًا القائمة بتثبيت الأزوت؛ من أهم حقول الدراسة وأوسعها.

ولما لم يمكن تقليد هذه العمليات الطبيعية في المعمل. فقد أصبح ضروريًا أن تجرب الطرق الكيمياوية البحتة في محاولة اكتشاف وسائل لصنع مركبات الأزوت بكميات وفيرة. وامتدت البحوث في جهات متفرقة، ومع بطء الحصول على التقدم المنشود في مبدأ الأمر؛ إلا أننا نستطيع القول الآن بأن الكيمياء قد أنقذت الموقف مرة أخرى.

ففي النرويج جعل بيركيلاند Birkeland وأيد Eyde نقطة الابتداء من الحقيقة المعروفة وهي ظهور كميات صغيرة من أكاسيد الأزوت في الجو إبان عواصف الرعد، فإن الحرارة العالية الناشئة من مرور تفريغ البرق تسبب اتحادًا مباشرًا بين الأكسجين والأزوت.

وقد استطاع العالمان المذكوران، باستخدام القوى الكهربائية القليلة النفقة في النرويج، أن يقلدا الطبيعة في هذه العملية إلى حد ما، فقد صنعا قوسًا كهربائيًا قويًا من قطبين صنعا من ماسورة سميكة من النحاس يمر فيها تيار من الماء للتبريد.



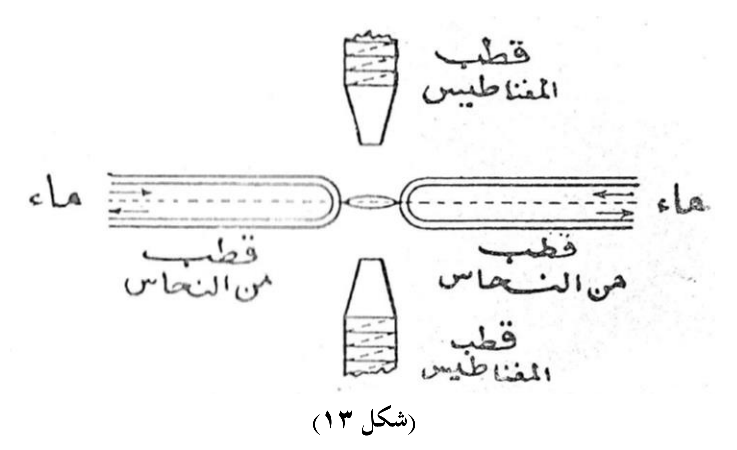
(شكل ١٢)

أ– درنة على جذر الترمس بها بكتريا تمثيل الهواء الجوى

ب– قطاع في الدرنة

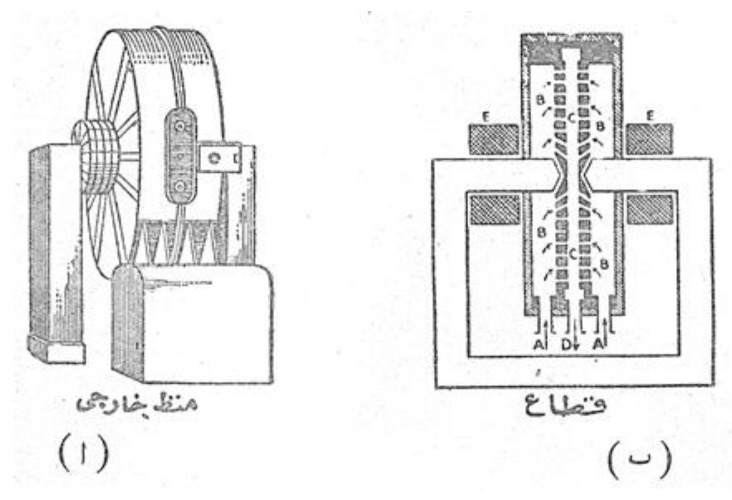
حـ– البكتيريا مكبرة لدرجة عظيمة فتظهر نقط سوداء د، هـ، و أشكال متعدده من هذه البكتيريا

ووضع مغناطيس كهربي قوي بحيث ينشر لهب القوس في قرص يبلغ قطره ثلاثة أمتار، واحتوت الجميع غرفة مقفلة مبطنة بالطوب الناري تشبه الصندوق المنبسط، فيمر الهواء خلال الغرفة، ويتأكسد بعض الأزوت بملامسة القوس الساخن إلى أكسيد الأزوتيك، وبعد ذلك يتحول هذا الأكسيد إلى حامض الأزوتيك، الذي يتفاعل بدوره إما مع الجير ليكون أزوتات الكالسيوم أو مع الصودا ليكون أزوتات الصوديوم. ولا يتأكسد إلا القليل جدًا من الأزوت الجوي المار بالقوس الكهربائي إلى أكسيد أزوتيك، وعلى ذلك فالعملية لا تكون اقتصادية إلا حيث تتوافر القوى المائية التي منها تولد الكهرباء الرخيصة الثمن.



(شكل ١٣)

الحصول على أكسيد الأزوتيك من الهواء، يتكون القوس الكهربائي من قطبين مبردين بالماء.. وينتشر القوس في قرص من اللهب بواسطة المغنطيس الكهربي القوى حتى يتحد بعض الأكسجين ببعض الأزوت حين يدفع الهواء على القوس..



(شكل ١٤)

فرن بيركلاند وأيدي:

يدخل الهواء من AA ويمر خلال الثقوب الموجودة في البطانة العاكسة B ويدور اللهب في المسافة ccالشبيهة بالقوس وتخرج الغازات المحروقة من D أما EE فهما ملف المغناطيس الكهربي.

وقد نجحت طريقة أخرى لتثبيت الأزوت الجوي، تتلخص في تسخين كربيد الكالسيوم في وجود الأزوت الجوي إلى درجة حرارة عالية، فيتكون سيناميد الكالسيوم. وهي عملية أخرى تكاد تنحصر في الأماكن التي تتوافر فيها القوى المائية، ومن ثم القوى الكهربائية الرخيصة المطلوبة لا للعملية النهائية وحسب، بل أيضًا لتحضير كربيد الكالسيوم من الجير وفحم الانتراسيت.

على أن الذروة فيما بلغه العلم في موضوع تثبيت الأزوت كان الفضل فيها للدكتور هابر Haber في ألمانيا. فقد اكتشف عام ١٩١٣ طريقة لتحضير النشادر من الأزوت الجوي.

ومع أن النشادر مركب بسيط مكون من الأزوت والأيدروجين، فإن العالم لم يكن يعرف حتى تلك السنة طريقة اقتصادية يتحد بها هذان العنصران لتكوين النشادر.

واكتشف هابر الطريقة المنشودة، إذ وجد أن الغازين يتحدان لتكوين النشادر إذا ضغط مخلوطهما بشدة وسخن إلى درجة حرارة عالية في وجود مركب معين من مركبات الحديد.

ومفتاح العملية هو ذلك المركب الحديدي، الذي بدونه لا يتم الاتحاد مهما رفعنا من ضغط أو حرارة. والحق أن المواد المساعدة (Catalysts) تعد من خفايا العلم فكل ما نعرفه عنها هو أن مواد معينة تتمتع بقدرة حث تفاعل كيمياوي أو تأخيره، دون أن تتغير هي تغيرًا دائمًا. ومع أن هذه المواد العديدة– صلبة كانت، أو سائلة أو غازية تقوم بالمهمة المذكورة، إلا أن لكل

تفاعل في العادة عاملاً مساعدًا معينًا، وكان انتصار هابر هو في الكشف عن العامل الخاص لمساعدة عملية الاتحاد بين الأزوت والأيدروجين.

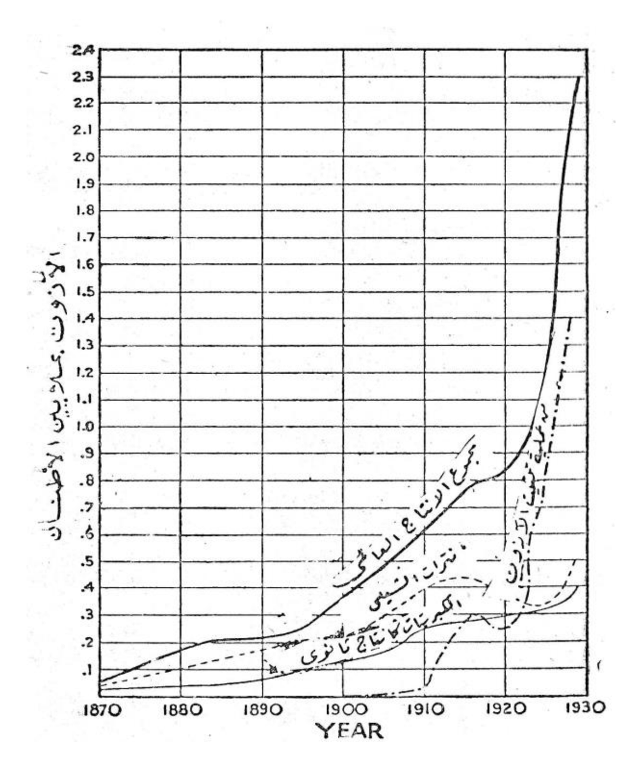
ومن المهم أن نعلم أن العامل المساعد يمكن أن يتسمم ويفقد فائدته إذا تعرض لكثير من السموم المعروفة وكذا لمواد أخرى عديدة، ولذا وجب أن يحرص كل الحرص على العوامل المساعدة في أي عملية صناعية– من أن تنالها الشوائب.

وفي عملية هابر يخلط الأزوت الجوي بثلاثة أمثال حجمه من الأيدروجين ثم يضغط المخلوط إلى مائتي جو (٣٠٠٠ رطل على البوصة المربعة) ويسخن إلى درجة ٥٠٠ مئوية في وجود العامل المساعد. وناهيك بالصعوبات الهندسية التي اعترضت بناء محولات من الصلب تحتمل ذلك الضغط الهائل على نطاق لم يسمع به من قبل.

وكانت النتيجة المباشرة لكشف هابر أن ألمانيا استطاعت خلال الحرب العالمية الأولى وقد منعت عنها نترات شيلي– أن تصنع كبريتات النشادر للتسميد، كما صنعت مركبات الأزوت اللازمة للمفرقعات، واستغنت بذلك عن المصادر الخارجية.

وأنشئ في إنجلترا بعد الحرب المذكورة مصنع لإنتاج النشادر التركيبية في بيلينجهام أون تيز Billingham_on_Tees لشركة الصناعات الكيمياوية الإمبراطورية ويستطيع المصنع المذكور أن يصنع مركبات الأزوت بنفقات تتنافس بنجاح مع نفقاتها من المصادر الأخرى، وعلى كل حال فإن شبح المجاعة القمحية نتيجة لاستفاد الأزوتات أصبح لا يقلقان الآن.

ومهمة الكيمياوي في توفير أسمدة البوتاسيوم أخف بكثير مما سبق، إذ أن جميع التربات الخصبة تحتوي على البوتاسيوم، ويزيد رصيدها منه ببطء نتيجة لتفتت صخور معينة وخاصة الفيلسبارات التي هي مركبات بوتاسية في أساسها. وقد يكفي هذا المصدر، تحت الظروف العادية، لمد النباتات بما تحتاجه من البوتاسيوم، ولكن الاستغلال الزراعي الحديث يجري على نطاق يجعل الاستجرار من رصيد التربة في مركبات البوتاسيوم أسرع من صيرورة ما فيها صالحًا نتيجة لتفتت الصخور المشار إليها.



(شكل ١٥) تزايد إنتاج الأزوتات منذ عام ١٨٧٠

ومن محاسن الصدف أن هناك رواسب لمركبات البوتاسيوم يسهل استغلالها في أنحاء متفرقة من العالم وتظهر عادة في الأسواق في صورة

كبريتات البوتاسا وهي مركب بلوري سهل الاستعمال. ومن النادر أن يرى الرجل العادي عنصر البوتاسيوم، وهو معدن رخو فضي اللون، ذو شره شديد للأوكسجين حتى ليتحول بسرعة عند تعرضه للهواء إلى أوكسيد أبيض يعرف بالبوتاسا، لو أن اسم "البوتاسا" يطلق دون تدقيق على أي مركب بسيط للبوتاسيوم.

وللبوتاسا كما سبق القول أهمية في إنتاج الكربوايدراتات ولهذا تستخدم كثيرًا في تسميد البطاطس وأشجار الفاكهة. وإذا قصرت مصادر البوتاسيوم المعدنية عن حاجتنا يومًا ما –ولا نظن هذا اليوم بقريب– فعلى الكيماويين بحث إمكانيات قيعان المحيط، إذ يقدر ما تحمله الأنهار من أملاح البوتاسيوم سنويًا إلى البحر بما يزيد عن خمسين مليونًا من الأطنان.

أما الفوسفور فقصته أجمل خيالاً. والفسفور نفسه عنصر غير معدني، ذو مظهر شمعي، يحترق تلقائيًا في الهواء فيتحول إلى أكسيد أبيض يكون مع المعادن مركبات تسمى بالفوسفات. وتستنفد صناعة الثقاب كميات هائلة من فسفور العالم، وهو أمر يساعد على الاحتفاظ بسعر الفسفور الزراعي.

وكانت الأسمدة الفوسفاتية مدار بدء اشتغال سير جون لوز بالكيمياء الزراعية وارتباطه بها ردحًا طويلاً من الزمن ذلك أن المشتغلين بالزراعة أدركوا عند مطلع القرن التاسع عشر أن الأراضي المستغلة بشدة قد أخذت تفقد خصبها لتناقص فوسفاتها، فإن محصول القمح، عند نضج الحب، يكون قد انتزع من الفدان الواحد ما يصل إلى مائتي رطل من فوسفات الكالسيوم.

وشاع استخدام العظام سمادًا، فهي غنية بفوسفات الكالسيوم، ولكن وجد أن التأثير السمادي للعظام، حتى المطحونة منها، كان بطيئًا جدًا لعدم

ذوبان فوسفات الكالسيوم. فعالجها لوز في مصنع سماده بحامض الكبريتيك لينتج منها مركبًا فسفوريًا سريع الذوبان.

وكان نجاح هذه المادة الجديدة عظيمًا فصنعت منها كميات كبيرة، لا من العظام وحسب، ولكن من الفوسفات المعدنية أيضًا، ومنذ ذلك الوقت صار سوبر فسفات الجير وهو اسم المادة الجديدة، أحد المخصبات الفوسفاتية الرئيسية في العالم.

وقد تبدو الصلة واهية بين صناعة الصلب والمخصبات الزراعية، ومع ذلك فقد شهد النصف الأخير من القرن التاسع عشر نشوء عملية جديدة في صناعة الحديد والصلب أتاحت للزراعة مصدرًا آخر للأسمدة الفوسفاتية.

فقد رأى توماس Thomas وجيلكرايست Gilchrist تبطين الفرن أو البودقة التي يصهر فيها الحديد ببطانة قاعدية أغلبها من الجير، وذلك لإزالة الفسفور من الحديد الخام قبيل تحويله إلى صلب، فوجد أن جزءًا من البطانة قد انصهر وطفا فوق الحديد المنصهر حاملاً معه الشوائب الفوسفورية. وكان هذا الخبث، كما دعوه، ينزع ثم يهمل في مبدأ الأمر، ولكنهم عرفوا فيه بعد ذلك مصدرًا قيمًا للفوسفور.

ويستعمل الآن هذا الخبث بعد طحنه ناعمًا جدًا بكميات كبيرة في الزراعة. وهو عديم الذوبان في الماء، ولو أنه يذوب إلى حد قليل في الأحماض الضعيفة التي قد توجد في منطقة جذور النبات، ومع بطء مفعوله كثيرًا عن السوبر فوسفات إلا أن هذا المفعول مؤكد على كل حال[٤].

---

(٤) توجد الفسفات في هذا السماد على هيئة رابع فوسفات الكالسيوم التي لا تذوب مطلقًا في الماء، ولكنها تذوب قليلاً وببطء في المحاليل الحامضية نوعًا كالتي توجد حول جذور النباتات، وبشرط أن يكون السماد ناعمًا

ولن يكون استعراضنا لخصب التربة كاملاً دون الإشارة إلى استخدام الجير في الزراعة: فإذا سخن بشدة حجر الجير أو أية صورة أخرى من صور كربونات الكالسيوم، لخرج غاز ثاني أكسيد الكربون وتخلف أكسيد الكالسيوم أو الجير الحي. وإذا عرض هذا إلى الجو لامتص من الرطوبة أولاً. وانقلب إلى الجير المطفأ أو ايدروكسيد الكالسيوم. ثم اتحد هذا بعد وقت مع ثاني أكسيد الكربون. الموجود في الجو ليعود كربونات كالسيوم مرة أخرى وكثيرًا ما يطلق لفظ "الجير" في غير تدقيق على المواد الثلاثة المذكورة.

وكان سكان إنجلترا الأقدمون، يحفرون الأرض عند بحثهم وراء الصوان، فتخرج منها كميات هائلة من الطباشير الذي تبعثر وانتشر بمضي الوقت ثم اندمج مع التربة.

ولوحظ إبان الاحتلال الروماني الذي تلا ذلك العصر أن هذه الحقول الجيرية قد أنبتت غلات كبيرة من القمح. ومنذ ذلك الوقت صار "تجيير" الأرض تقليدًا متبعًا حتى اليوم اللهم إلا خلال فترة معينة وجد فيها أن الإجراء المذكور ساعد في إنتاج المحاصيل لدرجة نظر إليه فيها بوصفه بديلاً رخيصًا عن التسميد. واستمرت هذه العملية البسيطة تعطى نتائج جيدة وتدر على الزراع الربح الوفير؛ ثم تدهورت الأرض المجيرة حتى هددت أصحابها بالخراب، ومتى ثم قيل في الأمثال إن "الجير يغني الوالد ويفقر الولد".

ولم يكن الخطأ خطأ الجير، ولكنه الخطأ في إدراك وظيفته بالتربة. ذلك أن الجير (أو الطباشير) ليس في ذاته غذاء نباتيًا ذا شأن، ولكنه يخرج

لدرجة مرور ٨٠٪ في منخل به عشرة آلاف ثقب بالبوصة المربعة الواحدة حسب نص القانون، وبما أن الأراضي المصرية كلها متعادلة أو قلوية إلا في النذر اليسير جدًا، فإن فائدة السماد المذكور لنا ضقة الحدود.

من الأرض ما فيها من الغذاء النباتي ويزيده صلاحية، فإذا ما استنفد هذا الغذاء، ضؤل المحصول أو انعدم حتى تسعف التربة برصيد آخر من الغذاء في صورة أسمدة طبيعية أو صناعية، وعلى ذلك نرى أن التسميد والتجيير عمليتان متكاملتان تسيران يدًا في يد.

وبما أن الجير ينقلب بسرعة إلى طباشير بعد نشره على الأرض، فلا يعنينا في أي صورة نستخدمه، إلا إذا ذكرنا أن الجير الحي قد يحرق المحصول القائم في الأرض، وفيما عدا هذا فإن نعومة الحبيبات، والسعر، وتوافر المادة، ونفقات النقل هي التي تحدد الاختيار، كما يجب أن نذكر، ونحن نأخذ العوامل المذكورة، في الحسبان، أن ٥٦ جزءًا من الجير الحي إذا نشرت على الأرض أصبحت بعد وقت مائة جزء من الطباشير.

والجير مفيد أيضًا في معالجة التربة الحامضية، وتحسين طبيعة الطين[٥].

على أن مهمة الكيمياوي لا تزال بعيدة عن الإنجاز، ولا يزال –بالتعاون مع البيولوجي– يزيد كل يوم في جعبة معلوماته عن التربة، ليعين بها الزارع في استعادة ما يتكبده من نصب ومال.

(٥) الأراضي المصرية غنية عادة في الجير، كما أنها متعادلة أو قلوية إلا فيما ندر ولذا فإن استخدام الجير في زراعتنا لا يعنينا إلا من حيث اعتباره مقومًا للحامضية إذا وجدت.

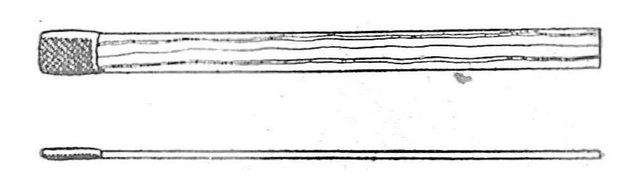
الفصل الخامس

الكيمياء وربة البيت "١"

إذا كان "نصيب جندي البوليس في الحياة، كما يقولون، نصيبًا غير سعيد". فإن نصيب ربة البيت أسعد بكثير عما كان، ولا ريب أن قسطًا كبيرًا من هذا التحسن يعود فيه الفضل إلى الكيمياء. وقد برزت هذه الحقيقة بوضوح خاص منذ ساعد تطور الكيمياء على إزالة كثير من العبودية التي صاحبت دائمًا إدارة البيوت. فقد تولت تلك الأيام التي كان إشعال النار فيها يستلزم الصوان والصلب والفتيل. وما عيدان الثقاب التي نستخدمها الآن إلا من فضل الكيمياء وقد أدخل الثقاب من فرنسا إلى إنجلترا حوالي عام ١٨١٠، وكان عبارة عن عيدان رفيعة من الخشب غطيت أطرافها بخليط من كلورات البوتاسيوم والسكر والصمغ، وكان بيلليتييه Pelletier قد اكتشف قبل ذلك ببضع سنوات أن الخليط المذكور يشتغل إذ أدنى من حامض الكبريتيك المركز، فكان ضروريًا إذا أن نحصل على هذا الحامض لاستخدام الثقاب، وذلك بشراء ما كانوا يسمونه "علبة الإشعال الفوري" المحتوية على زجاجة صغيرة ملأي بخيوط الحرير الصخري (الاسبستوس) المغموسة في حامض الكبريتيك. ثم اخترعت عيدان الاحتكاك في ١٨٢٦ بواسطة جون ووكر John Walker من بلدة ستوكتون أون تيز Stockton_on_Tees، واحتوت رؤوسها على كلورات البوتاسيوم وكبريتيد الانتيمون والصمغ، وكانت تشعل بإمساكها بين طيتين من ورق الصنفرة ثم سحبها بشدة من الطرف الآخر، وقد عرض الثقاب المذكور بالسوق، كما يظهر، صانع ثقاب لندني

اسمه ساموبل جونز Samuel Jones، وكان جونز هذا قد صنع وباع من قبل نوعًا من الثقاب يحتاج في إشعاله إلى حامض الكبريتيك، وعرف باسم ثقاب بروميثيان Promethean[٦]، ولكنه باع تقليده لثقاب ووكر تحت اسم ثقاب لوسيفار Lucifer أو الشيطان.

وقد نشأ الثقاب الحديث وتطور مع دراسة الفسفور ومركباته؛ ويظهر أن هذا العنصر قد اكتشفه طبيب بمدينة هامبورج اسمه براند Brand توفى في عام ١٦٧٤، ورأى بويل عينة منه فأعاد اكتشاف طريقة صنعه في عام ١٦٨٠.



(شكل ١٦) ثقاب الاحتكاك لجون ووكر

وكان الفسفور نادرًا جدًا! غالي الثمن، حتى اكتشف وجوده في رماد العظام الذي يحتوي كما نعرف الآن، على نسبة عالية من فوسفات الكالسيوم؛ ثم اكتشف شيلا Scheele بعد ذلك كيف يحضر الفسفور من رماد العظام.

والفوسفور العادي المعروف بالفوسفور الأبيض جسم صلب، شمعي القوام، سريع الالتهاب، سام جدًا، ولكنه إذا سخن، في أوعية حديدية مقفلة خالية من الهواء، إلى درجة ٢٣٠° مئوية نتجت عنه حرارة فائقة وتحول

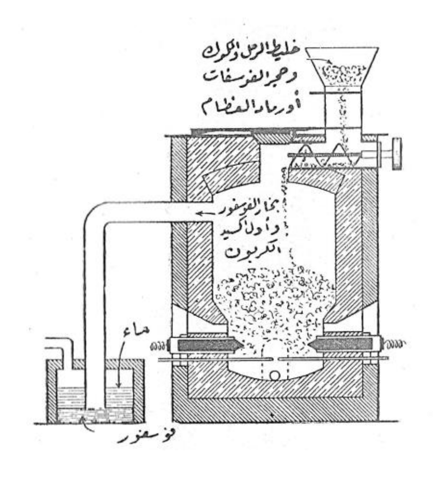
---

(٦) نسبة إلى بروميثياس الذي تقول عنه الأساطير اليونانية إنه سرق النار من السماء فقيده زيوس Zeus إلى الصخر وسلط عليه النسر يعذبه (المترجم).

الفوسفور الأبيض الشمعي مسحوقًا أحمر بنفسجيًا يعرف بالفوسفور الأحمر. وهذا الصنف الأحمر غير سام، ولا يحترق بسهولة كما يفعل الصنف الأبيض.

ويمكن وصف صنع الفوسفور بإيجاز كبير فيما يلي:

تخلط مساحيق من رماد العظام أو الفوسفات الصخري مع الرمل والكوك، وينقل المخلوط إلى فرن كهربائي مقفل، وذلك بواسطة ناقل حلزوني يشبه حلزون مفرمة اللحم بالمنازل (انظر شكل ١٧). ويسخن المخلوط في الفرن إلى درجة حرارة عالية جدًا، بقوس كهربائي مكون من قطبين من الكربون، فتطرد السيليكا (الرمل) أكسيد الفوسفوريك ثم يختزله الكربون (الكوك) فيخرج البخار من الفرن محتويًا على بخار الفسفور وأول أكسيد الكربون. ويكثف هذا البخار بإمرار فقاقيعه في الماء، فينتج الفسفور الأبيض الذي يمكن تحويله إلى النوع الأحمر كما ذكرنا من قبل، لاستخدامه في صنع الثقاب.



(انظر شكل ١٧) تحضير الفسفور بالطريقة الكهربية

وصنع الثقاب المحتوي على الفسفور لأول مرة حوالي عام ١٨٣٠، وكانت الرؤوس تركب في أول عهدها من عجينة مكونة من الفوسفور الأبيض وكلورات البوتاسيوم والصمغ. والمفروض فيها أن تمد كلورات البوتاسيوم الفسفور بما يلزمه من الأكسجين لإحراقه بصرعة وإشعال الثقاب. ويمكن إشعال هذا النوع من الثقاب بحكه على أي سطح صلب أو خشن، ولكنه كان معرضًا للاحتراق مع الانفجار نتيجة للتحلل الفجائي لكلورات البوتاسيوم، ولذا استبدلت هذه المادة بمورد آخر للأكسجين أقل خطرًا مثل ثاني أكسيد المنجنيز أو الرصاص الأحمر.

وفي عام ١٨٥٥ صنع بالسويد لأول مرة ثقاب "الأمن" الذي يشعل بحكه على العلبة، ولا تزال بلاد السويد موطنًا لهذه الصناعة. ولا يستعمل الفسفور في هذا الثقاب، فإن رؤوسه تركب من خليط من الصمغ وكبريتيد الانتيمون وعامل مؤكسد مثل كلورات البوتاسيوم أو الرصاص الأحمر، كما يستخدم الفسفور الأحمر غير السام بوضعه على العلبة بدلاً من العود.

ويحترق كبريتيد الانتيمون بسرعة حين يشعل، ولكنه لا يلتهب بسهولة كالفسفور، وهكذا لا يشتعل ثقاب الأمن بحكه على ورق الصنفرة أو نحوها لأن حرارة الاحتكاك غير كافية لإشعاله. ولكنه، مع ذلك، يشتعل بسهولة إذا حك على سطح محضر من طبقة من الفسفور الأحمر وكبريتيد الانتيمون ومسحوق من الزجاج والصمغ، فمتى سحب رأس العود على هذه الطبقة اكتسب غشاء رقيقًا من الفسفور الذي يحترق بحرارة الاحتكاك البسيطة فيشتعل رأي الثقاب.

وثقاب الأمن؛ علاوة على كونه غير سام؛ فهو لا يشتعل تلقائيًا، ومع ذلك فمن الممكن إشعاله إذا سحب بسرعة في دائرة واسعة على لوح من الزجاج، والسبب في ذلك أن الزجاج موصل رديء للحرارة حتى أن الحرارة الضئيلة المولدة على رأس الثقاب لا تفقد بالتبدد على الزجاج بل تبقى على الرأس لتشعلها.

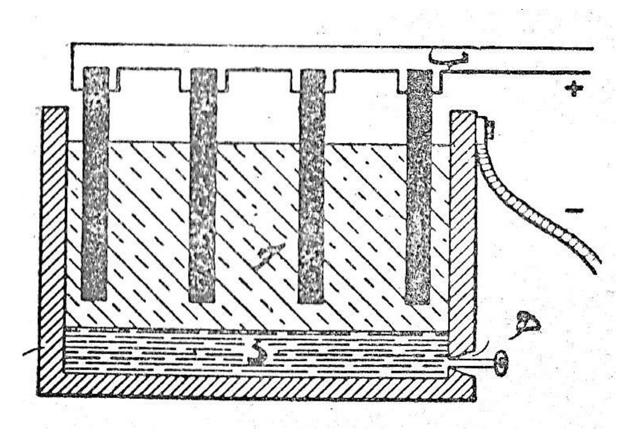
وقد انقطع الآن استخدام الفسفور الأبيض في صناعة الثقاب، وذلك لسميته البالغة، كما يلحق العمال المشتغلين به مرض غريب في العظام، كثيرًا ما يصيب عظام الفك ويسمى "الفك الفسفوري"، وتحتوي عادة رؤوس الثقاب الحديث الذي "يحك على أي شيء" على كبريتيد الفسفور الذي لا يسم ولكنه يشتعل سريعًا بالحك.

وعلاوة على التحسينات التي أدخلت على رأس العود، فقد استحدث خشب للعود ينتهي توهجه بمجرد إطفاء لهب الثقاب، وبذا يتقي شر الأخطار التي كثيرًا ما نجمت في الماضي من رمي عود ثقاب بمجرد إطفاء لهبه. وفي العيدان المذكورة ميزة أخرى هي أن الجزء المحترق منها لا يسقط بسهولة، وإذا سقط انطفأت بسقوطه حياته، ويعزى هذا التحسين إلى غمس الخشب قبل تصنيعه في محاليل أملاح مختلفة ثم تجفيفه وتتم صناعة الثقاب بواسطة آلات تلقائية الحركة في الأغلب، فتدخل أخشاب العيدان في ثقوب يحملها شريط دائر يغمسها في شمع منصهر، ثم يغمس الرأس في مخلوط الإشعال. بعد ذلك تجفف العيدان وتنزع من الشريط الدائر، وتعبأ بالآلات في العلب.

وقديمًا كان لأجدادنا غلايات من النحاس الأحمر أو الأصفر يحتفظون بها دائمًا نظيفة براقة، ولم يكن هذا بالأمر السهل: فالنحاس يغطيه الهباب بسرعة إذا سخن بنار الفحم، ويمكن طبعًا تنظيفه بملمعات المعادن التي

اخترعها الكيماوي، ولكنه مضيعة للوقت والجهد! ذلك أن غلايات الألومنيوم أنسب وأرخص ثمنًا بفضل تقدم الكيمياء. ولم يكد الألومنيوم يكون معروفًا منذ خمسين عامًا، رغم احتواء كل أنواع الطين عليه وانتشاره لذلك انتشارًا واسعًا كما يظهر. والواقع أن الاهتداء إلى تحضيره من الطين لم يكن أمرًا سهلاً.

والمصدر المستخدم لتحضير الألومنيوم هو أكسيده غير النقي المسمى بالبوكسيت Bauxite ويجب أن يمر البوكسيت قبل كل شيء بعملية كيماوية تنقيه من أوكسيد الحديد، ثم يذاب في الكريوليت Cryolite المنصهر (فلوريد مزدوج للصوديوم والألومنيوم) ويحلل كهربائيًا وبما أن هذا يستلزم كميات هائلة من التيار الكهربائي فيجب أن يكون المصنع حيث يسهل الحصول على القوة الكهربائية بنفقات قليلة. ومع أن الألومنيوم يحتفظ بمظهره الفضي عند استعماله ولا تظهر عليه مطلقًا علائم الصدأ إلا أن سطحه في الحقيقة تعلوه طبقة رقيقة جدًا من الأكسيد تحفظه من ازدياد الضرر. ويتآكل الألومنيوم سريعًا بفعل ماء البحر أو الماء الملح، كما أنه يذوب بسرعة في السوائل المحتوية على الصودا، وهي نقطة يجب أن نذكرها عند استعمال الأواني الألومنيومية أو تنظيفها. ولا يزال هناك من يعتقدون بأن الأواني الألومنيومية ينبغي ألا تستخدم



(شكل ١٨) يوضح صناعة الألومنيوم .

أ- حوض حديدي عبارة عن القطب السالب

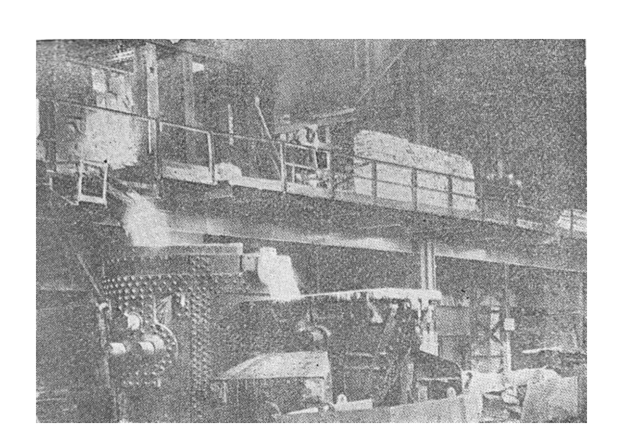
ب- قضيب من النحاس متصل بقضبان من الكربون عبارة عن القطب الموجب.

جـ - المادة المنصهرة للتحلل الكهربائي

د - الألومنيوم منصهر

هـ - فتحة التفريغ

مطلقًا للطهو لاحتمال ذوبان جزء منها واختلاطه بالطعام، وهو احتمال لا يمكن غض النظر عنه، ولو أن الحقائق المعروفة عنه متضاربة. ويظهر أنه ولو أن آثارًا من المعدن المذكور تجد طريقها إلى الطعام المطهو في الأوعية المصنوعة منه إلا أن كميتها يندر جدًا أن تكون بالقدر الذي يسبب الضرر، ولم يعثر في العادة على شيء منها ذائبًا في الطعام.



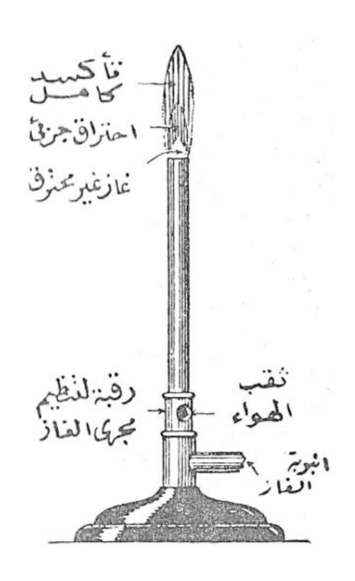
(شكل ١٩) تفريغ فرن الصلب — ويرى الخبث القاعدي يسيل علىحافة مفرقة الصلب إلى مفرقة الخبث الصغرى

والواقع أن من الصعب الاحتفاظ بنظافة الغلاية إذا استخدمنا نار الفحم دائمًا، حتى إذا كانت الغلاية من الألومنيوم، ولكن هذه النار في أغلب البيوت ذاهبة إلى الزوال لتحل محلها مواقد الغاز. وصناعة غاز الاستصباح واحدة من أهم الصناعات الكيمياوية، لا لأن الغاز المذكور مادة نافعة وحسب، ولكن من أجل النواتج الأخرى وهي الكوك (أو مواد أخرى للوقود عديمة الدخان) وقطران الفحم، والنشادر. وقطران الفحم وحده يحوي مئات من المركبات كلها تقريبًا ذو استعمال يعيدها إلى حظيرة البيت في صورة العقاقير والمطهرات، والألوان.

وكان الغرض من صنع غاز الاستصباح في مبدأ أمره للإنارة فقط، وذلك بإشعاله في مصابيح تشبه جناح الوطواط أو ذيل السمكة، ذات لهب أصفر منبسط. وهي مصابيح تعد تقدمًا كبيرًا بالنسبة للهب الشمعة أو قناديل الزيت التي كانت مستخدمة من قبل، ولكنها لم تكن تفضلها كثيرًا حين تستخدم للتسخين في المعامل الكيمياوية. وكانت العادة في مصانع الغاز المذكور أن

لا يفصل منه كثير مما يفصل الآن من الايدروجينات المكربنة لتحسين قوته الإضائية. بل إن المصانع ذهبت إلى أبعد من ذلك فأضافت إليه من هذه المركبات مزيدًا لتحسين ضوئه. ويجب خلط الهواء بالغاز المذكور قبل إشعاله، وذلك للحصول على لهب نظيف غير مضيء، وهي حقيقة كان تقديرها سببًا في اختراع بنسين Bunsen الكيمياوي الألماني للمصباح المعروف عادة باسمه الآن، وقد اخترع المصباح المذكور للحصول على لهب نظيف غير مضيء، يصلح استخدامه في المعامل أداة للتسخين.

ومصباح بنسين بسيط جدًا، فقد صنع بحيث يخرج الغاز من فتحة ضيقة إلى داخل أنبوبة أوسع منها، بها ثقوب يمكن التحكم في سعتها لإدخال الهواء.



(شكل ٢٠) مصباح بنسين

ومتى دخل تيار الغاز السريع من الفتحة الضيقة إلى الأنبوبة الواسعة هبط الضغط فيها فيسر بذلك للهواء الدخول للاختلاط بالغاز فالخروج معًا

من أعلى الأنبوبة حيث يشعلان. ويضمن هذا النظام وجود الكافي من الهواء ليحترق فيه الغاز احتراقًا تامًا. وبذا نحصل على لهب نظيف حار غير مضيء والعيب الوحيد المحتمل في هذا المصباح هو ارتداد الغاز فيه للاشتعال من أسفل (Strike back) حين يقل ضغط الغاز عن حد معين. ذلك أن اللهب يحترق إلى أسفل بمعدل محدد، يكون في العادة، أقل من سرعة مخلوط الغاز والهواء المتحرك إلى أعلى، فإذا قللنا السرعة المتجهة إلى أعلى بنقص الغاز الداخل فإن اللهب قد يرتد إلى الفتحة الضيقة التي في الأنبوبة الأوسع، ويصبح الاحتراق غير كامل في هذه الحالة فتسخن الأنبوبة كثيرًا، وتنبعث منها رائحة كريهة سامة. ولهذا السبب فإن جهاز تسخين الماء بحمامات المازل (Geyser) لا يزال تسخينه يجري بمصباح ذيل السمكة القديم، لأن لهبه لا يرتد كما في مصباح بنسين. وقد صار هذا المصباح الأخير الذي اخترع للاستعمال خصيصًا في المعامل، شائع الاستخدام الآن لأغراض التسخين عامة كما في مواقد الطهو بالغاز، وأجهزة التدفئة، ولكنه لا يستخدم في أجهزة تسخين الماء المعروفة باسم Geyesers.

وبعد اختراع بنسين لمصباحه ببضعة أعوام اهتدى كارل فون أوار Carl von Auer (الذي صار بعدئذ بارون فون فيلسباخ Welsbach. إلى كشف آخر وهو يعمل في نفس معمل بنسين، فأحدث الاكتشاف الجديد ثورة في طرق الإضاءة بالغاز، كما سبب في النهاية تغييرًا تامًا في تركيب الغاز الذي تمد به البيوت. وكان فيلسباخ مشتغلاً بفحص طيف الضوء المنبعث من عناصر مختلفة، فاستخدم كمصدر للضوء في جهاز تحليل الطيف خيوطًا من القطن مغموسة في أملاح معدنية مختلفة، ومسخنة بمصباح بنسين، فكان من نتاج ملاحظاته أن اخترع رتينة الغاز المتوهجة وهي تشبه كما نعلم جيدًا كيسًا

من نسيج القطن منكسًا على لهب غير مضيء. وتصنع هذه الرتاين أو الشبكيات من خيوط القطن أو الرامي بعد غمسها في محاليل ملحية أهمها نترات الثريوم ونترات السيريوم، ويجب "إحراق" الشبيكة قبل استخدامها. أو إحراق الكللود بون الذي سبقت إضافته إليها لتيبيسها، كما تتحول النترات في عملية الإحراق هذه إلى الأوكسيدين (ثوريا وسيريا) اللذين يشعان الضوء عند تسخينهما.

لما استخدم غاز الاستصباح لأول مرة منذ نحو مائة عام، كانت قيمته الرئيسية في أنه يعطي لهبًا مضيئًا، ثم تغيرت مواصفات الغاز تدريجًا بعد ذلك فيما يخص البيوت بعد اختراعي بينسين وفيلسباخ، فقد أصبح المطلوب من هذا الغاز أن يعطي الحرارة أكثر من الضوء، ولولا هذين الاختراعين لحلت الكهرباء قطعًا محل الغاز حلولاً كاملاً فيما يتعلق بجميع أنواع الإضاءة. وقد اعترفت السلطات المسئولة بهذا التغير في الغاز، فصدرت التشريعات بإلزام شركات إنتاج الغاز أن يمدوا المستهلكين بغاز ذي قيمة حرارية معينة، وأن يقدر سعر الغاز على هذا الأساس، ولما أدخل هذا النظام تسبب عنه في بادئ الأمر بعض الارتباك. كما يحصل عادة في مثل هذه الأحوال، فلم يدرك بعض المستهلكين فيما يظهر طريقة ربط السعر، ولذا فقد يكون من المفيد أن نشرح الأمر، وهو بسيط للغاية، إذ لا يزال عداد الغاز يسجل حجم الغاز المستهلك، وكان المستهلك قبل إدخال النظام الجديد يدفع طبقًا لعدد الأمتار المكعبة أو الأقدام المكعبة التي يسجلها العداد، أما في النظام الجديد، فإنه يدفع طبقًا لعدد وحدات الحرارة التي يستمدها من إحراق الغاز المستهلك.

والوحدة الحرارية البريطانية والمرموز لها بالحروف .B, T. U هي مقدار الحرارة اللازمة لرفع رطل من الماء درجة حرارة واحدة بمقياس فهرنهيت، ومقدار الغاز الذي يمدنا بهذه الوحدة الحرارية يسمى ثيرم من الغاز .Therm

وطبيعي أن كمية الغاز التي تكون ثيرما منه تتوقف على نوع الغاز، ولكنها في العادة حوالي مائتي قدم مكعب، ويمكن القول بأن هذه الكمية تسخن الماء الكافي لستة حمامات أو تضيء غرفة متوسطة لمدة أربع وأربعين ساعة.

وتلزم شركات إنتاج الغاز باستخدام شخص يختص بقياس القيمة الحرارية للغاز المنتج، وتسجيلها حتى يمكن الرجوع إلى الأرقام المذكورة لتقدير تلك القيمة في أي فترة من الفترات، وتسجل الشركات في إنجلترا على الفاتورة المعطاة للمستهلكين حجم الغاز المستهلك وكذا قيمته الحرارية وهي التي يبنى عليها الثمن المطلوب منهم.

وقد تغيرت الحياة المنزلية تغيرًا عظيمًا عما كانت عليه من قبل، وتناول أحد وجوه هذا التغيير الطريقة المسرفة التي نستخدم بها الماء. فقد كان من نتائج نمو المدن وضواحيها أن فاقت الكميات المطلوبة من الماء كل ما كان متوقعًا من قبل. وكل المياه التي نستخدمها سقطت في مبدأ الأمر أمطارًا، ثم غارت خلال الطبقات السطحية للأرض إلى الأنهار، أو غاضت في الأرض ثم ظهرت في الينابيع، وبذا نالها قدر كبير أو صغير من الشوائب قبل أن تصل إلى خزانات المياه التي نستعملها.

وفي الأحوال المعتادة يستمد الأكسجين اللازم لتنقية المياه، خلال التخزين والترشيح، من الهواء الجوي، فما عملية التنقية إلا نوعًا من الاحتراق البطيء. وبما أن هذه العملية بطيئة، والحاجة إلى الماء متزايدة، فقد ألتجئ مرة أخرى إلى الكيمياء لاختصار المدة اللازمة لهذه التنقية.

والمادة المستعملة الآن هي الكلور، وهو كما نعلم غاز مخضر اللون، وهو بذاته الذي استخدم خلال الحرب العالمية الأولى غازًا سامًا، إذ يسبب استنشاقه بأي كمية ملحوظة اختناقًا، كما يصيب الرئتين والشعب بأضرار قد تنتهي بالمصاب إلى الموت. وقد يبدو غريبًا أن تستعمل مادة سامة كهذه لتنقية الماء الذي نشربه. ونظرية مفعول الكلور غاية في البساطة، فإن هذا الغاز يتفاعل مع الماء، فيأخذ منه الايدروجين لتكوين حامض الأيدروكلوريك، وتنطلق بهذا التفاعل كمية معادلة من الأكسجين، تقوم بعملية التطهير ومن الضروري طبعًا حين نستخدم الكلور لهذا الغرض أن نتحكم في كمياته بالتنظيم، فالكلور الزائد عن الحد يكسب الماء ذلك الطعم الكريه الذي يعرفه الجنود القدماء في الماء الذي كانوا يمونون به في ميدان القتال، حيث لا يتيسر طبعًا، تحت ظروف الميدان، اختبار كل الماء الذي يمون به الجيش، ولذا تقوم السلطات بتكلير (إضافة الكلور) لجميع المياه، من باب الاحتياط الصحي، كما أن هذه الإضافة تكون عادة بكميات أكثر من اللازمة، وتتم العملية بإضافة مسحوق التبييض (ويسمى أحيانًا بكلوريد الجير) إلى كل عربة من عربات المياه. أما في محطات المياه فتجرى العملية في حرص وعناية، وباستعمال أسطوانات الكلور الذي سبق تحويله إلى سائل باستعمال الضغط، وما على العامل إلى أن يصل الأسطوانة بماسورة المياه الرئيسية، وأن يدع نقطًا متناهية في الصغر تتساقط في الماء، فيكون من شأن هذه الآثار من سائل

الكلور أن تسرع عملية التطهير، كما يتحول كل الكلور المستعمل إلى حامض الأيدروكلوريك وكمية هذا الحامض المتكونة صغيرة جدًا تعادلها بعض محتويات المياه، وحتى على فرض بقائها دون تغيير، فإن كميتها أضأل من أن يكون لها أي تأثير غير مقبول.

ومع أننا نستعمل في بيوتنا من الماء أكثر بكثير مما فعل أجدادنا فإن الكميات المستهلكة فعلاً قد تكون أكبر حتى مما أشرنا إليه، إذا ذكرنا أن كثيرًا من الناس يرسلون ببعض ملابسهم أو مفروشاتهم لتغسل خارج بيوتهم.

ومواد الغسيل الرئيسية هي الماء والصابون، وكذا المواد المبيضة التي توجد طبعًا في جميع المغاسل الآلية حيث يحل استعمالها بحكمة مشاكل شتى، كإزالة بقع الشاي والقهوة أو عصارات الفواكه. وكثيرًا ما يكون الماء "عسرًا" أي يصعب تكوين رغوة الصابون معه، ويترتب على هذا استخدام كمية كبيرة من الصابون قبل أن تتكون الرغوة، وعلاوة على هذا الإسراف في الصابون، فإن الماء العسر يكون رغوة خثرة (تعرف بصابون الجير) وهي رغوة كريهة تلتصق بالأقمشة التي تغسل التصاقًا شديدًا، مما يدعو إلى تكرار الغسل، وإلى خلع لون رمادي على القماش، بدلاً من اللون الأبيض المطلوب، وعلى هذا فالماء العسر يسبب الإسراف في الصابون، وإفساد لون المغسول، وهنا نتجه كالعادة إلى الكيمياوي الذي ينصحنا باستخدام جهاز تيسير الماء.

ولكي تدرك تمامًا ضرورة هذا التيسير، يجب علينا أن نعرف شيئًا عن أسباب عسر الماء، وكيف تحيل المواد الذائبة الضارة، بطريقة كيمياوية، إلى مواد غير ضارة. فالماء يكون عسرًا، كما قلنا، حين يعيق الصابون عن تكوين الرغوة. والصابون عبارة عن مادة كيمياوية تنتج من غلي الصودا مدة طويلة مع

زيت نباتي أو حيواني (لا معدني). والزيوت النباتية أو الحيوانية ذات تركيب متشابه، فهي عبارة عن جلسرين متحد مع أحماض تسمى بالأحماض الدهنية، وتتحد الصودا مع الأحماض لتكوين الصابون ثم تطلق الجليسرين حرًا (وهذا الجليسرين الذي يفضل الكيمياوي أن يدعوه جليسيرول والذي نستعمله لأغراض العلاج والتزين وصنع المفرقعات، هو إذا منتج ثانوي في صناعة الصابون، وكان منذ سنين غير عديدة جدًا يرمى مع المهملات قبل أن تدرك منافعه)، وهكذا نرى أن الصابون خليط من مواد كيمياوية هي عبارة عن أملاح نتجت من اتحاد الصودا بالأحماض الدهنية. وعليه فإن خصائصه تتغير تبعًا للزيت الذي صنع منه، كزيت الزيتون أو الشحم. الخ ومع ذلك، فمهما كان نوع الصابون، فإننا حين نحاول إذابته للاستعمال في ماء يحتوي على بيكربونات الكالسيوم وأشباهه من المواد– لكونت توًا هذه المواد ما سبق أن أشرنا إليه باسم "صابون الجير" ولتحتم علينا إذا أن نستمر في إضافة كميات متزايدة من صابون الصودا حتى نحصل على الرغوة المنشودة. والصابون الضائع في هذه الحالة أكثر بكثير مما يظن لأول وهلة "فهو لا يقل، في حالة ماء مدينة لندن مثلاً عن أربعة أخماس الكمية المستخدمة؛ وهناك مياه أشد عسرًا من ماء لندن والضائع إذًا من الصابون فيها أكثر ويبين من هذا إذا أن مشكلة تيسير الماء تنحصر في إحالة أملاح الكالسيوم وأشباهها الموجودة فيه إلى مادة لا ترسب الصابون.

ويمكن الحصول على هذا الغرض بواحدة من الوسائل الآتية:

أ– إضافة صودا الغسيل وحدها أو مع الصودا الكاوية.

ب– إضافة الجير وصودا الغسيل.

ج- ما يسمى بطريقة التبادل القاعدي.

وتصلح (أ) لأنواع معينة من المياه. وتحتاج -كما تحتاج (ب) الشائعة جدًا في الصناعة- إلى أحواض ترسيب أو مرشحات لجمع الطباشير الذي ينفصل، وكذا إلى رقابة فنية محكمة. أما (ج) فلا تحتاج إلى رقابة؛ ويكاد يعمل جهازها بطريقة آلية. وعلاوة على ذلك فإنها تنتج ماء يسرًا ذا صفات تصلح خاصة لأغراض الغسيل. وهي أيضًا نفس الطريقة المستعملة في أجهزة تيسير الماء المنزلية. والتي يزيد من اهتمامنا بها سهولة الحصول عليها. والمادة التي تقوم بالتيسير عبارة عن طبقة من الزيوليت وهي مادة معدنية الأصل، محدودة مواردها الطبيعية نوعًا ويحضر الصناعي منها للاستخدام في أجهزة التيسير بصهر الفلسبار مع الطين الصيني وكربونات البوتاسيوم والصودا. ومن الطريف أن خصائص الزيوليت الغريبة هذه اكتشفها أحد علماء الإدارة الجيولوجية الألمانية إبان بحثه عن تركيب مواد معدنية مختلفة. وهو بحث لا فائدة منه كما يظهر غير قيمة أكاديمية. والزيوليت الطبيعية ذات تركيب معقد ولكن القاعدة فيها هي الصودا أو البوتاسا. والماء العسر يحتوي مواد قاعدتها الجير أو الماغنيسيا، فإذا جعلنا الماء العسر يرشح خلال طبقة من الزيوليت تبادلت المواد الصلبة الذائبة في الماء قواعدها مع الزيوليت وأصبح بذلك الماء المحتوي على قاعدة جيرية. بعد ترشيحه خلال الزيوليت محتويًا على أملاح ذات قاعدة صودية، وبما أن هذه الأملاح الأخيرة لا ترسب الصابون، فقد صار الماء بذلك يسرًا. ويستمر هذا التبادل القاعدي حتى تفقد الزيوليت كل ما كان بها من الصودا، ويتوقف الوقت الذي يحدث فيه هذا الاستنفاد على كمية المياه التي رشحت خلالها، ودرجة ما كان بها من عسر، ولا يستغنى عن الزيوليت بعد هذا، إذ يمكن تنشيطها بغمرها في سائل

نستطيع استمداد قاعدة صودية منه، ويمكن الحصول على السائل المذكور بإذابة شيء من ملح الطعام في الماء لتحضير محلول مركز، إذا تركت فيه الزيوليت مدة قصيرة تخلت عما فيها من جير وأخذت بدلاً منه الصودا وصارت بذلك مستعدة لتيسير ماء جديد.

وهذا النوع من أجهزة التيسير كما يرى ليس في حاجة إلى أحواض ترسيب، ولا إلى قياس مقدار المواد الكيمياوية اللازمة، فإن الماء يأخذ منها يحتاجه بالضبط. وكل ما علينا عمله هو أن نستوثق من وجود القاعدة الصودية، وذلك بتنشيط الزيوليت بين الحين والآخر كلما لزم الأمر. وفي الطريقة المشار إليها ميزة أخرى هي إمكان تركيب الجهاز على مورد الماء مباشرة، فيساعد ضغط المورد على مرور الماء خلال الزيوليت. وتترك هذه الطريقة في الماء المعالج مركبات صودية القاعدة، تتوقف كمياتها على درجة العسر الذي كان في الماء قبل تيسيره، وتكون هذه الأملاح في العادة كبريتات وبيكربونات الصودا، وتعرف الأولى بملح جلوبر Glauber والثانية بصودا الخبيز. والظروف وحدها هي التي تقرر ما إذا كانت كميات هذه الأملاح مقبولة أم غير مقبولة وأحد الأسباب التي يفضل بعض الناس استعمال هذه الأجهزة من أجلها هو قولهم إن في استخدام مائها اقتصادًا للشاي والقهوة، فالماء المحتوى على مواد قلوية كصودا الخبيز يستطيع دون ريب استخلاص الألوان من الشاي أو القهوة أكثر مما يستطع غيره، أما أثر هذا على الطعام فمسألة لا تزال قابلة للمناقشة. كما أن الماء الشديد العسر إذا يسر بالزيوليت لصار حتما من القلوية بدرجة تستطيع إذابة آثار من ألومنيوم الإناء الذي يغلى فيه. وهنا أيضًا تختلف الآراء اختلافًا بينا في درجة ما يتصل بهذه الحقيقة من أهمية.

الفصل السادس

الكيمياء وربة البيت "٢"

كان للخطى الواسعة التي قطعها العلم الكيمياوي في النصف الثاني من القرن التاسع عشر الفضل في إبراز الثروة العجيبة من المواد التي يمكن الحصول عليها من قطران الفحم، أو بعبارة أخرى، من الفحم بطريق غير مباشر. وبالعكس كان اكتشاف الكثير من المواد العجيبة الجديدة، ودراستها حافزًا مدهشًا على البحث الكيمياوي، فقد تجمعت الحقائق المكتشفة بشكل متزايد باستمرار حتى صار من المستحيل على أي فرد اليوم أن يقدر قيمتها تمام التقدير. على أن بإمكاننا، مع ذلك، أن ندرس بعض مطالع العلم، وأن نرى كيف قادتنا دراسة قطران الفحم بالذات، إلى اكتشاف مواد جديدة ملونة، تستطيع الحلول محل الأصباغ القديمة البدائية التي كانت مستعملة فيما مضى، وقد أدت دراسة تلك الأصباغ القديمة، بدورها، إلى اكتشاف أصباغ من أنواع جديدة ثم تفاعلت هذه الاكتشافات بشكل جعل من الضروري الاستزادة من معرفة طبيعة مواد النسيج الشائعة وخواصها وهكذا عمل الكيمياويون على تفهم مواد الطبيعة وتحسينها فاستطاعوا في النهاية أن ينتجوا الخيوط الصناعية الحديثة التي يمكن الآن صنعها بتكاليف قليلة حتى صار أفخمها منظرًا من الشيوع بدرجة يقبل معها دون بحث أو تفكير.

ومنذ مائة عام كانت الألوان المختلفة التي يمكن استعمالها في صباغة المنسوجات أقل بكثير منها اليوم، ومع أن في الإمكان الحصول على الأصباغ التي كانت مألوفة في ذلك الوقت إلا أن استعمالها الآن يكاد يكون

معدومًا، وفي الواقع يمكن القول إنها، فيما عدا النيلة، لا تستعمل الآن مطلقًا. والسبب الرئيسي في ذلك طبعًا هو أن الأصباغ القديمة لا تبلغ في تألقها ما بلغته الأصباغ المستعملة الآن، كما أن هذه الأصباغ الجديدة أقوى تحملا في الاستعمال، بوجه عام، من القديمة. صحيح أن بعض الأخيرة كانت ألوانه على درجة جيدة جدًا من الثبات.. الخ.

ولكنها كانت مضجرة من حيث تفاوت جودتها حتى أصبح الاطمئنان إلى استخدامها أقل بكثير مما في حالة الألوان الجديدة.

وقد نسمع أحيانًا أن الألوان الحديثة ليست في جودة القديمة، وهي شكوى على غير أساس صحيح، إذا أنه إذا وجدت اليوم صبغة ثبت أحيانًا عدم الرضا عنها، رجع ذلك على العموم، إلى عدم ملاءمتها لما استعملت من أجله. كأن يستعمل القماش في هذه الحالة لغرض لم يتوقعه الصباغ.

وتختلف عملية الصباغة في تفاصيلها وإن اتفقت في أساسها. فتذاب الصبغة في الماء، ويغمس القماش المراد صبغه في المحلول الذي يسخن بعد ذلك. ولكي تنتقل الصبغة في المحلول إلى القماش يجب أن تكون ذات جاذبية خاصة لهذا القماش. وإلا وجب تغيير خواص القماش بمعالجة سابقة، وتسمى هذه المعالجة أو الإعداد بالتثبيت(٧) Mordanting.

ومن الأدق دون ريب أن ندعو الصباغة فنا لا علما، فقد وجد بالخبرة أن هناك أصنافًا عديدة من الصبغة، وتفاوتًا كبيرًا في تفاصيل استخدام هذه الأصناف، حتى لم نستطع بنظرية واحدة أن نفسر جميع الحقائق تفسيرًا

(٧) اشتقت الكلمة في أصلها الفرنسي من معنى العض. قد اعتقدوا قديمًا أن المادة التي ندعوها الآن مثبتة "تعض" سطح القماش فتسهل للصبغة اجتيازه.

وافيًا. فقد كانت هناك، على سبيل المثال، نظريات كيميائية للصباغة توعز بأن النسيج المصبوغ هو مركب كيمياوي من النسيج والصبغة وكانت هناك نظريات ميكانيكية، حاولت تفسير عملية الصبغ بأنها اختراق مادة الصباغة لمسام النسيج، وهكذا. ولا تفي التفسيرات المقترحة بأكثر من تفسير قدر يسير من الحقائق.

وقبل اكتشاف أصباغ قطران الفحم، كان الاختيار في مواد الصباغة محدودًا نسبيًا، فكان يمكن الاختيار في الألوان الحمراء مثلاً بين الصبغة المستخرجة من دودة القز (Cochineal) والمستخرجة من نبات الفوه (Madder) وفي الألوان الزرقاء بين الأزرق البروسي والنيلة، ونبات البقم (Logwood). وهكذا من القلة في الألوان الأخرى. أما منذ اكتشاف أصباغ قطران الفحم فقد كان عدد الأصباغ يصبح غير محدود. ومع أن كثيرًا منها قد اتضح بالخبرة أنه عديم القيمة، إلا أن المئات منها ممتاز دون ريب، ومن هذه يستطيع الصباغ أن ينتقي ما يروقه من حيث السعر. أو من حيث وجود خاصية معينة تجعل الصفة المختارة مناسبة بصنعة بارزة لنوع الصباغة التي يتخصص فيها، وكل الصباغين أخصائيون، إذ يحصر الواحد منهم عنايته في طراز معين، كصبغ الأقمشة القطنية، أو الحريرية، أو الغزل أو الخيوط الصوفية وحدها وهكذا.

وكان البنفسجي الباهت أول أصباغ قطران الفحم- حصل عليه و. هـ. بيركين Perkin عام ١٨٥٦ على غير انتظار وهو يؤكسد الانيلين الغير النقي، ومع أن الكشف المذكور ن، إلى حد ما، بالصدفة إلى أن بيركين قدر قيمته كما قدرها كيمياويون آخرون. فاندفعوا يبحثون عن مواد مماثلة، وشملت

مناشط كيمياوي الألوان بحوثًا في التركيب الكيمياوي للمواد الأساسية الملونة في أحسن الموجود من الأصباغ الطبيعية القديمة.

وقد نجحت بحوثهم في التعرف على المواد الكيمياوية المفردة الموجودة. فمثلاً وجدوا أن جذر الفوة تعزى قوته الصبغية إلى وجود مادة ملونة أسموها الاليزارين Alizarin كما أثبتوا أن لون النيلة يرجع إلى مادة مختلفة أطلقوا عليها اسم الانديجوتين Indigotin. ويختلف كميات هذه الألوان في العينات المختلفة من جذر الفوة، أو النيلة، طبقًا لاختلاف ظروف النمو أو المناخ إبان حصد المحصول... الخ. حتى لينبغي دائمًا على مستخدم هذه المواد أن يتحسس طريقه، وواضح أن في الأمر دعوة صريحة إلى الكيمياوي "لتركيب" هذه الألوان، إذ لو تم هذا لأمكن تثبيت نوعها، ولصارت أسعارها أكثر اتزانًا، ولو أن هذا سيؤدي طبعًا إلى اختفاء أسواق زراع الفوة والنيلة. وكان الأول من هذين النباتين يزرع بكميات كبيرة خصوصًا في فرنسا حتى بلغ المحصول سبعين ألف طن في عام ١٨٦٨، ولو أنه لا يزرع منه الآن شيء. وكانت النيلة أحد منتجات الهند، ولا يزال هناك منها القليل، ولكن آلافاً من الأفدنة قد تحول استغلالها إلى وجه آخر، وهكذا كانت إحدى نتائج التقدم الكيمياوي بطالة مؤقتة في فرنسا والهند.

ويصنع الاليزارين الآن من الانتراسين Anthracene دون غيره، وهو إيدروكربون عبارة عن مادة صلبة صفراء تستخرج من قطران الفحم. ومع أن الكشف عن التركيب الكيمياوي للأليزارين استغرق عدة أعوام، وأن العثور على طريقة صناعية ناجحة استغرق مدة طويلة أخرى، فقد توصل كارو Caro وجريبا Graebe وليبرمان Liebermann في ألمانيا، وبيركين في إنجلترا

بمصادفة عجيبة– إلى نفس الطريقة، فطلب الفريق الألماني تسجيلها يوم ٢٥ يونيه سنة ١٨٦٩ وطلب بيركين ذلك التسجيل في اليوم التالي!

ولم يمضي أقل من ثلاثة وأربعين عامًا منذ بدأت التجارب على النيلة حتى يوم التثبت نهائيًا من تركيبها بواسطة باير Baeyer؛ كما انقضت عشرون عامًا أخرى قبل بدء العمل فعلاً بطريقة ناجحة لصنعها تجاريًا. وقد يكون صحيحًا ما قيل من أن أصحاب المصنع صرفوا مالا يقل عن نصف مليون من الجنيهات قبل أن يتمكنوا من بيع النيلة التركيبية. ويمثل هذا النوع أغلب ما يستخدم اليوم من النيلة، وهو قدر هائل لا شك في ذلك. ومعظم الملابس الزرقاء للرجال ونحوها مصبوغ بالنيلة أو بأصل من أصولها، بعد إضافة قليل من صبغة أخرى للحصول على ظلال متباينة.

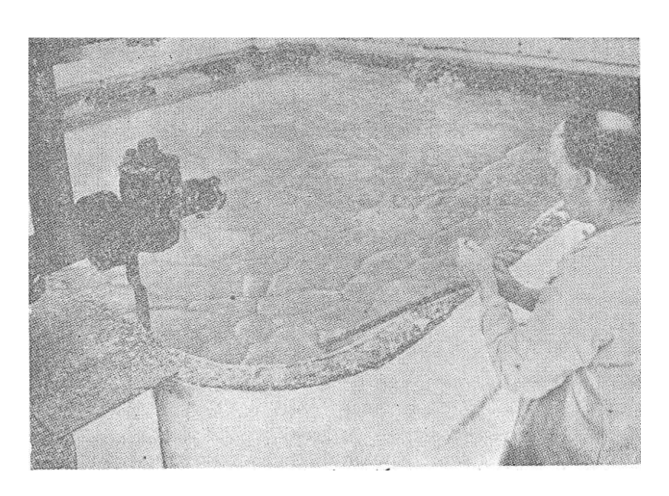
وحتى في سنة ١٨٤٤ كان جون ميرسر Jhon Mercer يجري التجارب ليرى تأثير مواد كيمياوية مختلفة على ألياف القطن، وكان من بين تلك المواد محلول الصودا الكاوية بتركيزات متفاوتة سبق أن لاحظ تأثيرها في درجات حرارة مختلفة. وترى خيوط القطن تحت المجهر أشرطة أو أنابيب منبسطة، فإذا عوملت بمحلول الصودا الكاوية بدت وكأن الأنابيب المنبسطة قد انتفخت بالهواء، كما قصرت طولاً، وكادت أن تشف لونا وفي عام ١٨٩٥ كرر توماس Thomas وبريفوست Prevost بعض تجارب ميرسر مع فارق واحد هام، هو أن الخيوط منعت من الانكماش الطولي بإبقائها مشدودة أثناء معالجتها بالصودا الكاوية، وأثناء غسلها بالماء بعد ذلك لإزالة آثار الصودا؛ وكانت من نتيجة ذلك أن ازدادت الألياف لمعانا. وحسنت الطريقة، وصممت الآلات لمعالجة القطن بمحلول الصودا الكاوية مع استبقاء الشد وذلك في حالتي الغزل والثوب المنسوج. وسميت العملية بالمرسرة

Mercerisation نسبة إلى مؤسسها جون ميرسر، وأصبحت واحدة من أهم العمليات التي تجري على الأقمشة القطنية في آخر مراتب صناعتها.

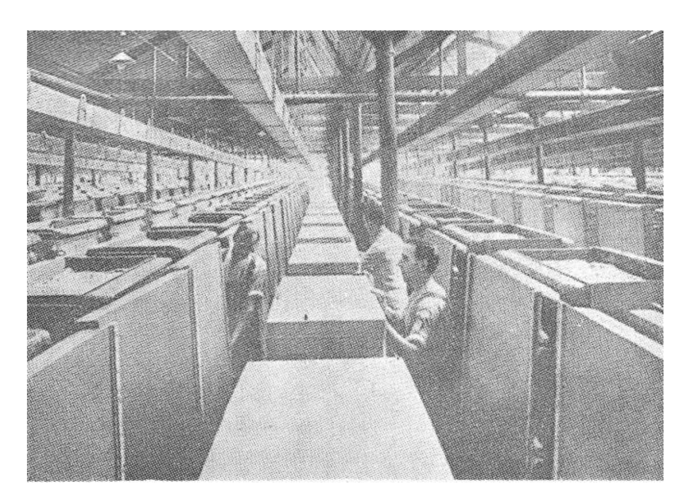
والمرسرة كما نرى عملية كيمياوية وهي واحدة من كثيرات غيرها تتصل بصميم صناعة النسيج، خصوصًا بما يسمى عامة بعمليات الصقل النهائية، وهي عمليات متباينة كالانكماش، ومنع الانكماش والإصماء ضد الماء، والوقاية من الحريق، والصباغة، والطباعة، والصقل وتثقيل الحرير، وغيرها مما لا يمكن حصره. وقد توصل الكيمياوي الذي أشرف على إنتاج كل أنواع النسيج من السجاد الثقيل إلى أخف أصناف "الكريب دوشين" توصل في السنوات الأخيرة إلى حل مشكلة إنتاج ألياف جديدة تشابه الحرير، وسميت لذلك بالحرير الصناعي. وتدعو التسمية المذكورة إلى شيء من الأسف، ذلك أن كلمة "صناعي" توحي بأن الشيء مقلد، فهو لذلك من درجة أقل، مع أن الألياف التي تعينها من طراز مستقل، وتستطيع أن تبقى أو تزول من الميدان تبعًا لمزاياها أو لعيوبها هي وحدها.

والألياف الطبيعية قسمان: أحدهما من أصل حيواني كالحرير وأنواع الصوف المختلفة. والثاني يضم الألياف النباتية، كالقطن والكتان والجوت والقنب الخ وكل هذه الألياف، فيما عدا الحرير، قصيرة نسبيا (٢– ١٥ سنتي تقريبًا) ولابد إذنًا من غزلها إلى ما يسمى بالغزل، وذلك ببرمها معًا حتى تتماسك وتصير خيطًا واحدًا مستمرًا. أما فتل الحرير فقد يبلغ طول الواحدة منها أحيانًا مئات من الأمتار، وعلى ذلك يستعمل عدد منها كخيط واحد، فلا يستلزم الأمر إلا قليلا من البرم. وعلى هذا الأساس فمن الأيسر صنع غزل الحرير عن صنع غزل آخر. وزيادة على ذلك، فإن الاستغناء تقريبًا عن عملية الغزل تتيح للحرير الاحتفاظ بلمعانه وأفضليته، وهذه هي الصفة الوحيدة التي

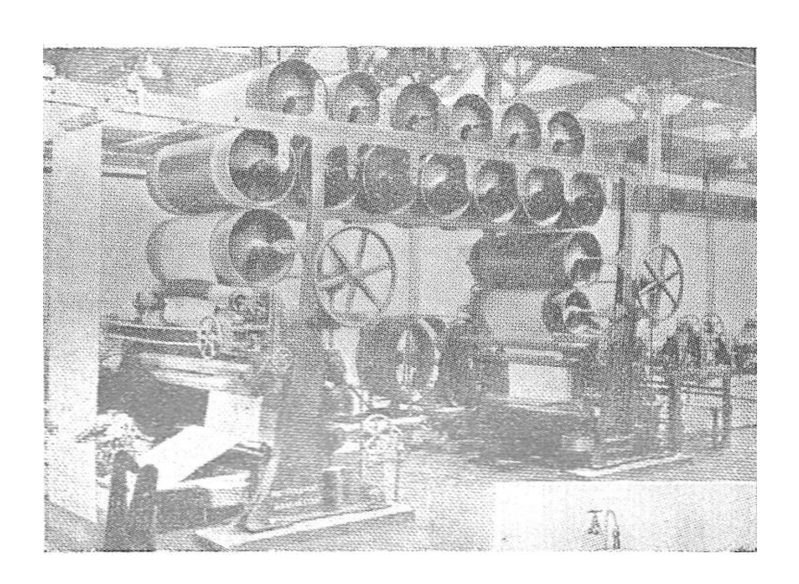
يشترك فيها ما يسمى بالحرير "الصناعي" مع الطبيعي، إذ أن فتلته هو الآخر عبارة عن خيط واحد مستمر. وكل أنواع الحرير الصناعي (أو الرايون Rayon) مصنوعة من الخلووز، وهي مادة واسعة الانتشار جدًا في عالم النبات، إذ أنه تكون حيطان الخلايا النباتية الحية، وتوجد إذا في القطن والتيل والكتان والخشب وأمثالها، بل أنها تكون الجزء الأغلب منها.



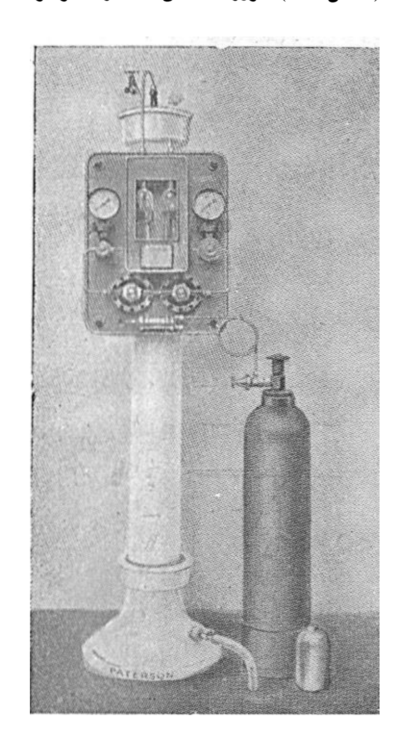
(شكل ٢١) (أ) إحدى الأواني الصلب التي تغلي فيها الزيوت والدهون



(تابع شكل ٢١) (ب) الصابون بعد تجمده في إطارات من الصلب معد للتقطيع



(شكل ٢٢) مرور القماش بجهاز المرسرة



(شكل ٢٢) (ب) جهاز التكير ، يعالج ما يصل إلى مليونى جالون من الماء يوميا

والحرير الصناعي نوعان أحدهما يماثل الخلووز في تركيبه، والآخر من مادة مشتقة من الخلووز وتسمى خلات الخلووز، وليس بين النوعين فرق ظاهر، ولكن الاختلاف في التركيب معناه الاختلاف في الخواص، فخلات الخلووز مثلاً لا يمكن صبغها بنفس الصبغات المستعملة للنوع الآخر، كما أن تأثرها بالحرارة أشد من تأثر الآخر، فهي تلينها، أو حتى تذيبها، وكذا تفعل بها المواد المزيلة للبقع كالأسيتون ولذا وجب المزيد من الحرص عند تناول الأقمشة المصنوعة من هذا النوع من الحرير الصناعي عند الغسيل أو التنظيف.

وكان أول نوع أنتج من الحرير الصناعي في فرنسا بطريقة شاردونيه[٨] Chardonnet وعرضت منه عينات بمعرض باريس عام ١٨٩٩، وفي هذه الطريقة يبدأ بمعاملة القطن بمزيج من حامض الكبريتيك والنتريك المركزين حتى يصير تركيبه أقرب ما يكون إلى تركيب قطن البارود، ثم يذاب هذا القطن الذي دخل تركيبه الأزوت في مزيج من الكحول والأثير، ويرشح ثم يضخ في الهواء الحار خلال أنابيب شعرية رفيعة، فيتبخر المذيب بسرعة تاركًا فتلاً من النيتروخلووز، بعد ذلك يجمع معًا العديد من هذه الفتل لتكوين خيوط تلف على بكرة. ولهذه الخيوط مظهر الحرير في نعومتها ولمعانها، ولكنها بحكم تركيبها شديدة الاشتعال لدرجة خطيرة، وللتغلب على هذا العيب تمر الخيوط في حمام من محلول كبريتيد الأمونيوم لإزالة النتروجين عنها وردها إلى الحالة الخلووزية، فيصبح الناتج النهائي إذا عبارة عن خيط خلووزي مكون من عديد

---

(٨) مخترع الطريقة هو الكونت هيلار دوشاردونيه الذي قيل إنه ألهم بها وهو يراقب ديدان القز تتغذى على أوراق التوت (وأغلبها من الخلووز)، ثم تغزل الحرير بمغازلها من الخلووز المهضوم.

الفتل الناعمة المستمرة ذات المنظر الحريري والتركيب القطني. وقد قل استعمال هذا النوع لحلول أنواع أخرى محله.

ولصنع الحرير الصناعي من أي نوع كان تستعمل نفس المبادئ العامة لإنتاج الفتلة الواحدة، أي بواسطة ضخ المحلول إما في الهواء الحار خلال ثقوب رفيعة جدًا (طريقة شاردونيه وطريقة الخلات) أو في حوض يحتوي محلولا مرسبا (Coatgulationg) ويصنع حرير الفسكوز (Viscose) عادة من عجينة الخشب، وهي خلووز منقى محضر من خشب التنوب (Spruce) ويحول خلووز الخشب بطريقة كيمياوية معقدة بعض الشيء إلى زانثات الخلووز Xanthate التي تذاب في الماء، ثم تضخ وترسب كع ردها في نفس الوقت إلى خلووز بإمرار الفتل في محلول مخفف، من حامض الكبريتيك.

وهناك نوع آخر من الحرير الصناعي يعرف باسم جلانزشتوف Glanzstoff أو حرير بيمبرج Bemberg أوبريسيلكا Brysilka ويستعمل في صنعه خلووز القطن أو عجينة الخشب حيث يذاب في سائل عبارة عن محلول ايدرات النحاس في النشادر، والمحلول المرسب المستعمل هنا هو محلول حامض الكبريتيك. ويلاحظ أن الأنواع الثلاثة من الحرير الصناعي التي ذكرناها حتى الآن كلها شبيهة في تركيبها بالقطن.

على أن هناك نوعًا آخر ذا تركيب مختلف، يعرف عادة في إنجلترا باسم سيلانيز Selanese ومادته الأولية هي الخلووز المستمد من زغب القطن؛ أي شعر القطن الصغير الذي يظل عالقا بالبذرة بعد حلج القطن. ويحول الخلووز أولاً إلى خلات الخلووز وهي مادة بيضاء تشبه شعر القطن

إلى حد كبير، ثم تذاب هذه في الأسيتون ومن المحلول تتكون الفتل. ويتم الترسيب في بعض المصانع بإمرار الفتل في محاليل أملاح مختلفة كما يتم في البعض الآخر منها بترك الأسيتون ليتبخر بواسطة الهواء الحار.

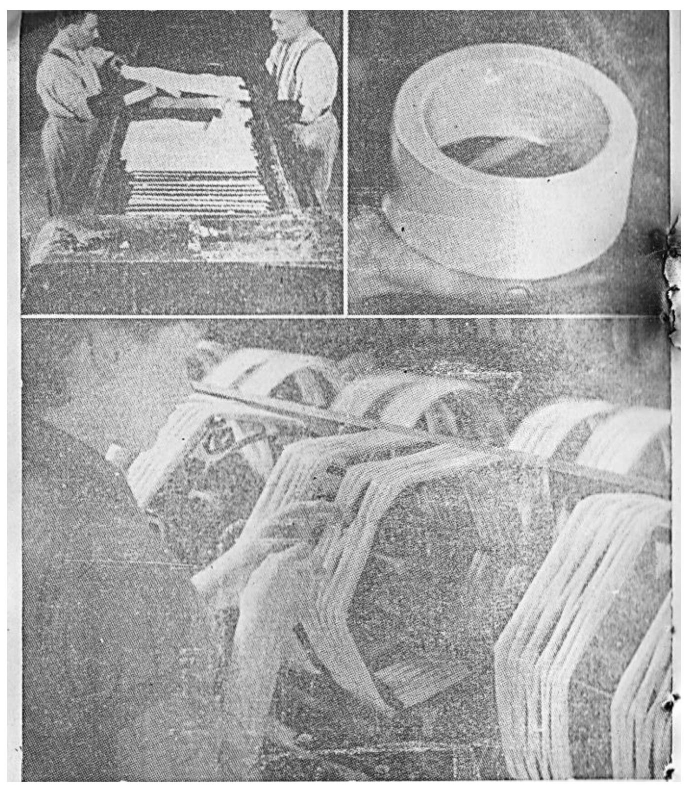
وقد تبدو العلاقة لأول وهلة واهية جدًا بين الحرير الصناعي، حتى في صورة الجوارب "الحريرية"، وبين صناديق الشكولاتة، ولكننا نجد الأخيرة تلف الآن دائمًا تقريبًا بورق رقيق شفاف اسمه السيلوفان Cellophane وتستعمل هذه المادة العجيبة للف أشياء عديدة متباينة كعلب السجاير، وصناديق الكعك. الخ كما تستخدم لصنع الأزهار الصناعية، ولا شك أن الجمهور الذي يشاهد الأزهار الصناعية في المواكب والشوارع وهي مصنوعة كما يظهر من الورق، ليتساءل عما يحصل لهذه الأزهار إذا هطل عليها المطر، ولو علم لما تساءل لأن الأزهار المذكورة مصنوعة من السيلوفان الذي لا يكاد يؤثر عليه المطر في كثير أو قليل. والسيلوفان في مادته كالحرير الصناعي؛ غير أنه في صورة صفحات لا خيوط، وهو نوعان: أحدهما يحترق بسهولة كالقطن ويصنع بطريقة الفسكوز؛ والثاني لا يحترق بسهولة، ويصنع من خلات الخلووز، وإذا سخن لان، وانصهر تقريبًا، ثم أسود لونه قبل أن يتابع احتراقه في بطء شديد.

وكان لدراسة كيمياء المعادن نتائج عجيبة، فكثير من المعادن التي ندر أن كنا نشاهدها في الماضي قد أصبحت شائعة الاستعمال، لا في المصانع الكيمياوية وحسب؛ بل في الورش الهندسية أيضًا؛ وحتى في البيوت. وقد ذكرنا الألومنيوم فيما سبق، ونذكر الآن التنجستن Tungsten والتانتالام Tantalum اللذين يستعملان لعمل السلوك الرفيعة داخل المصابيح الكهربائية، والبلاتين الذي يستعمل في صياغة المجوهرات، والنيكل كروم

المستخدم لتغطية معادن أخرى، والكروم مع الحديد الصنع سبائك لا تصدأ وهكذا، وإذا أضفنا سيارة الأسرة إلى قائمة الأثاث المنزلي، وهو عمل جائر اليوم في بلاد كثيرة، لاستطعنا أن نضع قائمة طويلة من السبائك المختلفة التي اكتشفت ودرست خصيصًا بغرض استخدامها فيما يتصل بآلات الاحتراق الداخلي.

وكان أسلافنا يستعملون حزاما من الجلد ينثرون عليه مسحوق الطين الرملي لتنظيف السكاكين عليه وتلميعها، وهي طريقة جيدة في نتيجتها متعبة في تنفيذها؛ ثم اخترعت منظفات بالجملة تنظف عددًا من السكاكين في وقت واحد، فتوضع السكاكين كل في فتحة بين أقراص مستديرة منبسطة من المطاط تدور وقد رش عليها مسحوق الصنفرة، وبذلك تنظف السكين بحك سطحيها في آن واحد. كان يجري هذا بينما أخذ الكيمياويون يعملون ويدرسون الظروف التي يتآكل فيها الحديد، ثم بدأوا يتهامسون عن "الصلب الذي لا يصدأ" وفي حوالي ذلك الوقت ظهرت بالأسواق سكاكين ادعى المتاجرون فيها بأنها لا تصدأ، ولكنها كانت لا تختلف عن السكاكين العادية إلا أنها قد غطيت بطبقة من النيكل مما جعل حدها لسوء الحظ، ثالماً، فإذا حاولنا شحذه أفسدنا طبقة النيكل ولذا حذر المشترون من أن يحاولوا تحسين نصل السكين، وقيل لهم إن الصلب الذي لا يصدأ لا يجوز شحذه وكانت النتيجة أنه حين أنتج الناس الصلب الذي لا يصدأ الحقيقي لم يؤمنوا به كثيرًا، ووطد من هذا الاعتقاد إلى حد ما مضى بعض الوقت قبل إنتاج الصناعة لسكاكين من الصلب المذكور يمكن شحذها جيدًا، ولا يزال الكثيرون يعتقدون أن السكاكين التي لا تصدأ يجب أن لا تشحذ. وهو اعتقاد خاطئ، إذ يمكن شحذها كما نفعل مع أي سكين أخرى لأن خاصية

عدم التبقع ليست في طبقة مضافة إلى السطح، ولكنها كامنة في تركيب المعدن نفسه. ويصنع النوع العادي من الصلب الذي لا يصدأ من سبائك الحديد والكروم المحتوية على ١٥- ٢٠% من المعدن الأخير.



(شكل ٢٣) صناعة الحرير الصناعي

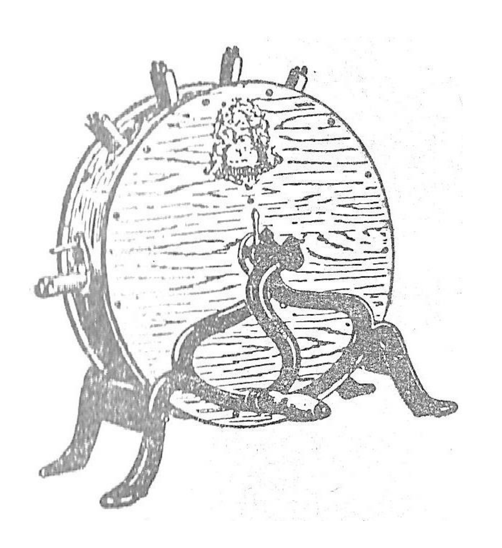
فوق إلى اليسار عجينة الخشب من حمام الصود الكاوية التي أزالت الشوائب وكونت مركبا جديدا يسمى بالخلوز القلوي

فوق إلى اليمين: حلقة من الحرير الصناعي وهى الصورة التي يخرج عليها الخيط من المغزل

تحت خيط الحرير الصناعي في شلة.

ويبدو لأول نظرة أن إصداء الحديد (أو الصلب) مسألة بسيطة يمكن تفسيرها بسهولة. والصدأ هو أكسيد الحديد، والحديد إذا عرض للهواء ناله

الصدأ، فيمكن القول إذا بأن الأصداء هو حالة تأكسد بسيط. ومع ذلك فمن اليسير أن نبي أن الهواء وحده لا يسبب الصدأ، كما لا يسببه الماء الذي غلى لطرد كل الهواء الذائب فيه، فلا يمكن استنتاج أن الحديد يصدأ في وجود الماء لأن المعدن المذكور يحلل الماء ويأخذ منه الأوكسجين. والمشكلة في الواقع معقدة، وكان حلها من أحدث الاكتشافات. ويبدو أنه لحصول الأصداء يجب وجود الأوكسجين، كما يجب وجود ماء به شيء مذاب يسمح بمرور تيارات كهربائية صغيرة (الشيء الذي يسميه الكيمياوي بالاليكترولايت Electrolyte). وزيادة على ذلك فيجب أن تكون بعض أجزاء الحديد مهواه أكثر من بعضها الآخر، أي لخلق حالة من التهوية التفاضلية Differential Aeration وحينئذ يحصل الأصداء، لا حيث يكون الأوكسجين بأعظم كمية.



(شكل ٢٤) آلة تنظيف السكاكين

بل حيث يكون على أقلها ويتفق هذا مع الحقيقة المعروفة وهي ظهور أغلب الصدأ عادة عند الزوايا الداخلية للمفصلات والروافد، كما أنه يفسر

لماذا يستمر الأصداء عادة في النقطة التي يبدأ منها، إذ تكفي طبقة الأوكسيد المتكونة لحماية المعدن حماية جزئية هناك فتنشأ حالة التهوية التفاضلية.

ولا تقتصر دراسة التآكل، لحسن الحظ، على نتائجه الضارة. فالمعادن لا تتآكل دائمًا حين قد يتوقع التآكل. ويمكن إذا معالجتها بطرق متباينة لمنع الأصداء، ولنفر مثلاً أن معدنا قد غطى بطبقة من الأوكسيد تغطية متساوية فإن هذه الطبقة ستؤدي إلى منع المزيد من التآكل. والألومنيوم مثال للمعدن المشار إليه؛ فإن إزالة الأوكسيد من سطحه تؤدي حالاً إلى تكون غيره (ومن هنا تنشأ صعوبة لحام الألومنيوم). وتذيب هذه الغشاء الواقي مياه البحر أو المياه المحتوية على صودا الغسيل.

ويمكن وقاية الحديد من التآكل المفرط بطرق عديدة أحداها تسخين المعدن في جو من غاز النشادر، فيتكون عليه غشاء واق شديد الصلابة من نيتريد الحديد. وطريقة أخرى هي غمس المعدن في محلول حامض الفوسفوريك فتكون عليه طبقة رقيقة من فوسفات الحديد، ولكن أكثر هذه الطرق شيوعًا هي جعل الحديد يقي نفسه بنفسه.

(ويعود بنا هذا إلى الصلب الذي لا يصدأ) فالكروم معدن يتكون عليه تلقائيًا غشاء من الأكسيد، وهو غشاء من الرقة بحيث لا تراه العين؛ وله القدرة على تجديد نفسه آليا إذا كسر، وقد وجد أنه إذا سبك الحديد مع الكروم بكمية كافية، فإن القدرة على تكوين الغشاء المذكور تخلع أيضًا على الحديد، فيصير هذا كما نقول "غير قابل للأصداء" ومن الأدق طبعًا أن ننظر إلى السبيكة على أنها قد أصدأت بصفة دائمة، ولكن غشاء الصدأ من الرقة بحيث لا يرى، غير أنه كاف وحسب لوقايتها من المزيد من التآكل. وكذلك

يستخدم الكروم في المنزل مسبوكا مع الحديد في صورة الصلب الذي لا يصدأ، كما يستعمل المعدن المذكور (الكروم) بكثرة في طريقة الطلاء بالكهرباء، لحفظ صنابير المياه براقة، ووقاية تراكيب الحمامات، ومقابض الأبواب، وعاكسات المدافئ الكهربائية، والأجزاء المطلية بالمعادن من السيارات الخ.

وقد تكلمنا فيما سبق عن الألومنيوم في صورة الأواني المنزلية، كما نجد بالمنزل مركباته في صور أخرى. فأقلام الشب القابضة تستعمل لوقف سيلان الدم من خدوش الحلاقة، وأوكسيد الألومنيوم هو المادة الرئيسية التي تستخدم لجعل الأقمشة صادة للرذاذ، ولا يمكن جعلها غير منفذة للمطر إلا بتغطيتها بأمثال المطاط والزيت. والواقع أن ليس ثمت صورة في الأحوال العادية وحتى في الأجواء الممطرة، الكثيرة التقلب للمعاطف المغطاة بالمطاط الثقيل أو المشمع، بل يكفي استخدام قماش لا يبتل بسهولة كبيرة، ويفضل عادة مثل هذا القماش لأنه لا يمنع مرور الهواء فيه، ولذا كان ضروريًا فقط أن يعالج القماش بطريقة تجعله صادا للماء، وذلك بإمراره في أحواض تحتوي على محلول خلات الألومنيوم ثم يزال الزائد من المحلول بواسطة أسطوانات تعصر القماش. بعد ذلك يجفف هذا بالتسخين فتتحلل خلات الألومنيوم، ويبقى أكسيد الألومنيوم مترسبًا في مسام القماش بحيث يصعب تبليل هذا القماش ما دام قد سبق تجفيفه جيدًا، ويوسع نطاق العملية أحيانًا باستعمال محلول آخر من الشمع المذاب في مذيب ما كالبنزين (المستخرج من قطران الفحم).

ويحضر محلول خلات الألومنيوم المستخدم في صد الرذاذ بإضافة محلول كبريتات الألومنيوم إلى محلول خلات الرصاص، فتترسب كبريتات

الرصاص وهي غير ذائبة، ثم يدفق محلول خلات الألومنيوم الصافي من فوقها. ويستعمل المحلول المذكور في صناعة النسيج أيضًا بوصفه مثبتًا (Mordant) وخصوصًا في الصباغة بالاليزارين، وقد نجد إذا عند فحص الأقمشة القطني الحمراء أن المثبت لصبغتها هو الألومنيوم.

ويندر أن لا يحتوي الآن بيت من البيوت على شيء أو أكثر مصنوع من المادة المسماة (ولو خطأ في بعض الأحيان) بالبيكلايت Bakelite فنرى هذه المادة العديدة الأشكال في صورة مقابض للأبواب، ومظلات للمصابيح ولوحات للراديو، ومفاتيح للكهرباء، والأمشاط، وفناجين الشاي، وحتى المناضد والمقاعد.

ولا تكاد تكون هناك حدود لاحتمالات استخدامها فإن نمو وتوسع صناعة اللداتن (البلاستيك) كما تسمى الصناعة المنتجة لهذه الأشياء– يكون صفحة روائية من تاريخ الكيمياء.

وكانت البيكلايت أولى المواد التي صنعت من هذا النوع وتصنع الآن للاستخدام مواد أخرى عديدة ذات تركيب مختلف وصفات متماثلة. وقد يكون عسيرا أن نصدق أن بالإمكان تفاعل سائلين عديمي اللون، لإنتاج مادة جامدة شديدة الاحتمال، ولكن هذا هو الواقع تمامًا في حالة البيكلايت، فالسائلان هما الفينول ومحلول الفورمالديهيد في الماء. والفينول هو الاسم الذي يطلقه الكيمياوي على حامض الكربوليك أو الفنيك، أما الفورمالديهيد فقد تعرفه الغالبية باسم الفورمالين.

إذا خلط هذان السائلان وسخنا معًا لما حصل تغير يذكر، ولكننا إذا أضفنا قبل التسخين بضع نقط من النشادر، لحدث تغير مدهش بعد التسخين

بمدة قصيرة، إذ يرغى المزيج فجأة، ثم يهدأ منفصلاً إلى طبقتين إحداهما صفراء والأخرى لا لون لها، والأخيرة هي الماء، أما الأولى فسنجد بعد فصلها وتبريدها أنها مادة صلبة تشبه الراتينجات، والواقع أن لها كثيرًا من صفات راتينج حمضي طبيعي كالذي نحصل عليه من الأشجار.

وهذه هي المرحلة الأولى لصنع مادة البيكلايت، ويليها الخلط مع مادة "مالئة" كنشارة الخشب الرفيعة أو دقيق الخشب، ثم إضافة مادة ملونة إذا أريد ذلك، فالتسخين الهين بعض الوقت. وتقوم المادة المالئة هنا مقام الرمل المضاف إلى الإسمنت في صناعة الإسمنت المسلح، بينما يؤدي التسخين وظيفة الخض المستمر وكذا الخلط في شبه مفرمة كبيرة. ويحصل إبان المعاملة المذكورة تفاعل كيمياوي آخر تنتج عنه مادة صلبة يمكن تليينها بالحرارة وإذا طحنت ناعمة عرفت باسم مسحوق التشكيل، وأمكن تشكيلها في أية صورة نريد.

ويحتاج تشكيل اللدائن إلى مهارة فنية خاصة، فاللدائن مواد لا يمكن صهرها إلى سائل ثم صبها في قالب لتجمد، كما نفعل بالشمع أو المعادن ولابد من تشكيلها وهي في حالة نصف سائلة أو عجينية، ثم يضغط على القالب عند إقفاله حتى تندفع المادة إلى جميع أجزائه.

ويعرف أحد أنواع اللدائن باسم اللدائن الحرارية Thermo plastic أي المواد التي تلين بالحرارة بما يكفي لتشكيلها ثم تصير جامدة متى بردت. ومن هذا النوع الفلكانايت والباغة اللذان يمكن تليينهما مرة أخرى وتشكيلهما عند الضرورة، فيستطاع إعادة تشكيل طقم الأسنان المصنوع من الفلكانايت إذا اكتشف به عيب.

وهناك نوع آخر يختلف في الخواص عن سابقه ويسمى باللدائن التي تجمد بالحرارة Thermo Setting وهو يلين أولاً بالحرارة، ولكنه يتغير كيمياوياً– وهو لا يزال ساخنا– ثم يتحول نهائيًا إلى مادة جامدة. وينتمي مسحوق البيكلايت التشكيلي إلى هذا النوع، ولا يمكن تليينه ثانية بالتسخين ما دام قد تجمد مرة.

وبناء على ما سبق يمكن تلخيص مراحل تكوين البيكلايت فيما يأتي: تنتج العملية الابتدائية راتينجا يسهل صهره، ويتحول هذا بمزيد من الحرارة إلى مادة أقل سهولة في انصهارها، ولكنها لا تزال قابلة للانصهار إلى حد ما، ويستمر التغير الكيمياوي فيها بالمزيد من التسخين فتنتج منها في النهاية مادة دائمة الصلابة ولا يمكن تلبينها مرة أخرى.

وعلى هذا وجب أن يحرى التسخين النهائي مع عملية التشكيل. حتى يتم إنتاج المادة النهائية في صورة فنجان شاي، أو منفضة سجاير، أو غيرهما.

وقوالب التشكيل مصنوعة من الصلب الثقيل، جيدة الصقل، مبطنة من الداخل بالكروم حتى نضمن صقلا ناعما للمواد المشكلة، وتسخن القوالب قبل الاستعمال، وتوضع بداخلها المقادير المطلوبة من المسحوق، ثم يطبق النصفان مع تسخينهما، ويضغطان معًا جيدًا باستعمال الضغط المائي (الايدروليكي).

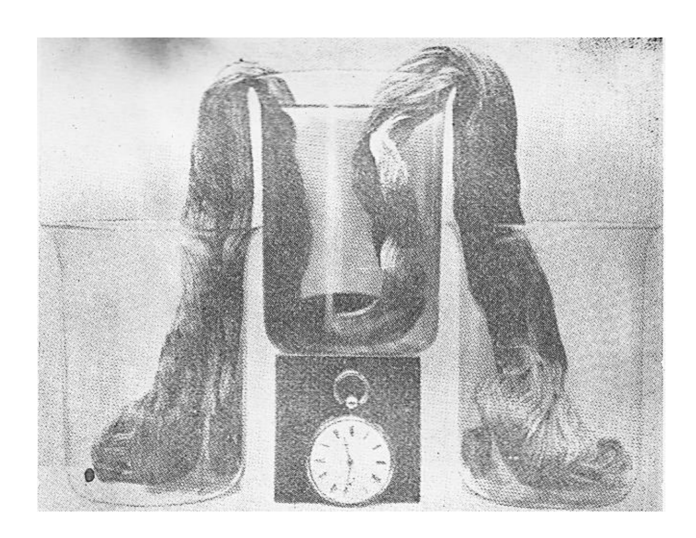
ويزال الضغط بعد دقائق قليلة؛ وتفتح القوالب؛ فتخرج منها المواد المشكلة للتسويق دون أي إعداد آخر.

وقد استطاع البحث الكيمياوي، منذ إدخال البيكلايت في الصناعة أن يهيئ وسائل اللدائن من مواد كيمياوية متعددة الأنواع.

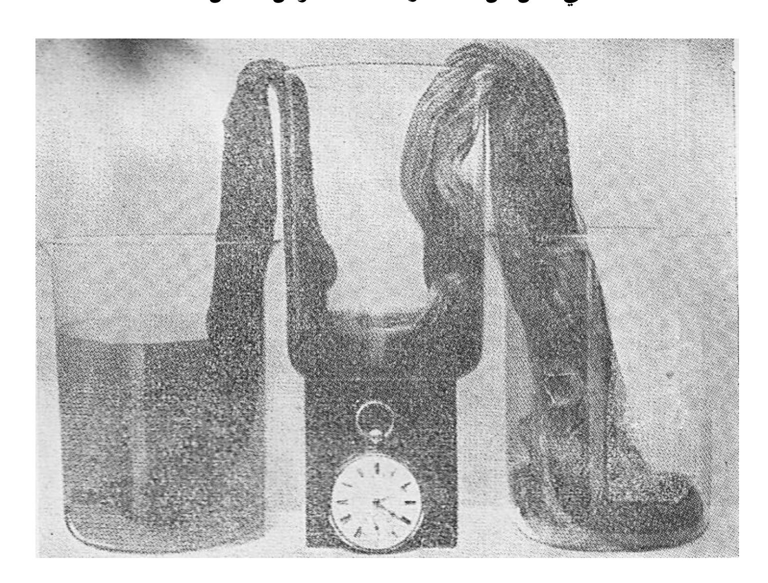
ويصنع أحد هذه الأنواع من الفورمالديهيد والبولينا، وآخر من الجليسرين واندريد الثالليك. وثالث من كازين اللبن، كما أجرى أيضًا تعديل في إحدى طرق صنع الحرير الصناعي بحيث يمكن إنتاج اللدائن من الخلووز، وكان لا يستطاع إنتاج أغلب اللدائن القديمة إلا بألوان قاتمة، فأمكن إنتاجها الآن بيضاء أو باي لون آخر حسب الطلب، بل يمكن صنع لدائن لا لون لها؛ شفافة كالزجاج، ومع أن هذه– كما تصنع الآن– أسهل انخداشًا من الزجاج غير أنها أقل قابلية للانكسار، وأكثر قابلية للانثناء، ولها احتمالات أخرى لا ريب فيها، لأنها غير قابلة للاشتعال.

وللدائن، أو الراتينجات التركيبية كما يسمى بعضها حتى الآن– استخدام آخر، هو في صناعة الورنيش حيث تحل محل الأصماغ والراتينجات الطبيعية.

وقد تكون صناعة اللدائن لا تزال في طفولتها، ولكن مستقبلها زاخر، دون ريب، بالتقدم، وبالجديد من الاستعمالات، ولا يمكن التكهن الآن بما ستقودنا هذه إليه. والوقت وحده كفيل بتحقيق أو تكذيب نبوءة القائل أننا سنبني، يوماً ما، بيوتنا، بحوائطها، وأرضياتها، وسقوفها، ونوافذها– من اللدائن وحدها، ثم نملأها بأثاث من اللدائن أيضًا.



(شكل ٢٥) (أ) شلتان من نفس الغزل إحداهما صادة للرذاذ ، والأخرى غير صادة مغموستان في كأس من الماء، ومتصلتان بكوبين خالبين..



(شكل ٢٥) (ب) بعد ٤ ساعات ترى الشلة غير الصادة وقد نقلت الماء من الكأس الممتلئ إلى الكأس الخالية.. وذلك بعامل التشبع والخاصة الشعرية أما الثلة الصادة فنرى جافة اللهم إلا حيث غمست في الماء وقد بقى الكوب الخالي خاليا..

الفصل السابع

الكيمياء والتزين

قلنا في موضع آخر أن الزراعة من أقدم فنون العالم، وهناك فن آخر يكاد يدانيها في القدم– هو تزيين المرأة. فالجواهر، ومواد التجميل، ووسائل التزين الأخرى ليست جديدة على الإنسان، وهي –كما في الزراعة– قد ارتبطت في الأزمان الحديثة فقط بفن الكيمياوي واعتمدت عليه.

وقد يظن المرء –فيما يختص بالأحجار الكريمة– أن الكيمياء قد اتصلت إلى د كبير بإنتاج الجواهر المقلدة.

ومع أن هذا صحيح إلى حد ما، إلا أن الإشارة واجبة إلى أن البحوث في التركيب الكيمياوي لأحجار المجوهرات قد أنتجت ثروة من المعرفة تمكن الخبير من التمييز بسهولة أكثر بين الجواهر الحقيقية والزائفة.

كذلك تمكن الكيمياوي في أحوال معينة، كما سنرى من صناعة جواهر لها تقريبًا تركيب الحجر الطبيعي وصفاته حتى ليجب اعتبارها نسخًا أكثر منها تقليدًا.

وتستطيع بعض النسخ المذكورة منافسة منتجات الطبيعة بنجاح، كما أن لبعضها أهمية علمية فقط دون أي قيمة تجارية وإلى هذا القسم الأخير ينتمي الماس الذي يعتبر في العادة أعلى الأحجار الثمينة قيمة، فهو يتمتع بدرجات عالية من صفات الجمال والاحتمال، فإذا اقترن هذان بالندرة. كانت هي العوامل التي كثيرًا ما تقرر قيمة نوع معين من الجواهر.

ولم يتسنم الماس دائمًا مكان الصدارة في الجمال، فهو في حالته الطبيعية ذو مظهر خامل لا يلفت النظر. ولا يرى ببريقه المتألق إلا بعد قطعه، وصقله، وتتبين سطوحه الصغيرة ذات الزوايا المحددة. وفن القطع والصقل لا يعود إلى زمن بعيد، ولذا كان الياقوت الأحمر والأزرق والزمرد فيما مضى أرفع قيمة من الماس.

والماس، من الوجهة الكيمياوية، أبسط الأحجار الثمينة، فهو صورة بلورية من صور الكربون، ولا يحوي أي عنصر آخر اللم إلا أثرًا ضئيلاً من الشوائب، ومن العسير أن نصدق أن الماس بصلابته المتناهية وبريقه، هو من نفس العنصر الذي ينتمي إليه الجرافيت المستعمل في أقلام الرسم، أو الهباب المتساقط من دخان المداخن!

على أن من السهل توضيح تركيبه، وذلك بوضع قطعة صغيرة من الماس في قفص صغير من البلاتين ليمكن تسخينه بالكهرباء، ويعلق القفص في إناء محكم الأقفال لا يحتوي إلا الأوكسجين وقليلاً من ماء الجير، ثم يمر التيار في القفص حتى يصل إلى درجة حرارة لتوهج الأبيض (White heat) فترى قطعة الماس وقد انتفخت ثم احترقت احتراقاً تامًا، وإذا رج الإناء استحال ماء الجير لبنيًا دليلاً على وجود ثاني أكسيد الكربون. ولا يمكن أن يكون هذا الغاز قد نتج إلا من اتحاد مادة الماس مع الأوكسجين، وبما أن الإناء لا تتبقى فيه بعد ذلك مادة أخرى؛ فإن التجربة تبين أن الماس مركب من الكربون فقط.

ولا نعرف على التحقيق كيف تصنع الطبيعة الماس، والظاهر أنه يتكون في طبقات عميقة تحت سطح الأرض، وفي ظروف حرارية عالية وضغط كبير.

وقد حاول الكيمياوي الفرنسي مواسان Moissan عام ١٨٩٧ أن يحاكي ظروف الطبيعة؛ فأذاب كربونا نقياً في حديد مصهور داخل بودقة، ثم غمر البودقة في ماء بارد راجيا أن تتجمد بذلك الطبقة الخارجية للحديد، حتى إذا ما أخذت الكتلة المنصهرة الداخلية في التجمد فالتمدد (كما يحدث في حالة الحديد) سببت بذلك ضغطا هائلا على ما بداخلها من الكربون المذاب.

وباءت تجربته الأولى بالفشل، لأن الحديد الساخن بخر الماء من حواليه في التو، فحالت هذه الطبقة البخارية الدرئية التوصيل– دون أن يبرد الحديد بسرعة. ولم يثبط هذا من همة مواسان، بل كرر التجربة مستخدمًا في هذه المرة الرصاص المصهور بدلاً من الماء لتبريد الحديد المصهور، فالرصاص المصهور في درجة ٣٢٦ مئوية على درجة منخفضة من الحرارة بما يكفي لتجميد الحديد المصهور(٩)، كما أنه لا يتبخر بسهولة. فلما بردت محتويات البودقة تمامًا أذاب مواسان الحديد بحامض، ووجد لفرط سروره بين ما تبقى شذرات صغيرة من الماس. ومع ما في هذه التجربة من ظفر علمي فإنها لم تنجح تجاريًا؛ ولم يكن موقعًا لها أن تنجح، إذ أنها أنتجت من الماس الفج ما قيمته بضعة قروش وتكلفت نفقات هائلة.

وقد ادعى الغير، من وقت إلى آخر النجاح في تحضير الماس التركيبي، ولكن ما لبث الادعاء حتى ظهر زيفه في جميع المرات.

والماس أصلب مادة معروفة، ويقرب منه في ذلك الياقوت الأحمر والأزرق، ولهاتين الجوهرتين الملونتين تركيب بسيط؛ فهما صورتان من خام

---

(٩) ينصهر الحديد النقي في درجة ١٥٠٥ مئوية– المترجم.

اسمه الكوراندم Corundum وهو أكسيد الألومنيوم، والكوراندم النقي لا لون له، أما الحجران القيمان الملونان فيعزى لونهما إلى آثار من أكاسيد معدنية، فيعرف الكوراندم الأحمر بالياقوت، والمشوب بالزرقة بالياقوت الأزرق.

وتستعمل الحجارة التي لا لون لها أو المعتمة لأغراض الكشط، فأوراق الصنفرة الشائعة في البيوت يدخل في صنعها نوع غير نقي من الكربوراندم.

ونظرًا لمكانة الياقوت الأحمر وتركيبه البسيط، فلم يكن غريبا أن تبذل المحاولات لمحاكاته صناعيًا، وانتهت كلها بدرجات هينة من النجاح، حتى كان مطلع هذا القرن حين استطاع فيرنوى Verneuil الفرنسي أن يصهر خليطًا نقيًا من أوكسيدى الألومنيوم والكروم، مستعملاً لذلك بوريا من تصميمه. فحصل على نقطة من سائل صاف تجمدت حين بردت، فصارت جسمًا صلبًا، كمثري الشكل له كل خصائص الياقوت الطبيعي تقريبًا. وقد توطدت الآن صناعة الياقوت الأحمر حتى صار من المحتمل أن كثيرًا من هذا الياقوت الصناعي يباع ويشرى بوصفه طبيعيًا دون أن يفطن متداولوه إلى حقيقته.

والبيريل (Beryls) صنف آخر من الأحجار الكريمة، عبارة عن سيليكات مزدوجة من الألومنيوم والبيريليوم، وهي عديمة اللون إذا كانت نقية، ولكنها أكثر ما تكون مشوبة بلون أو آخر لوجود آثار من معادن أخرى بها. ومن هذه الحجارة ما هو شديد الخضرة ويسمى بالزمرد، ذي الجمال المشتهر منذ وقت كليوباترا، ومنها نوع أبهت لونا وتشبه زرقته لون البحر ولذا سمى بالأكوامارين (Aquamarine) ويوجد في كثير من الحالات على

جانب كبير من الجمال، وقد بذلت محاولات لصنع الزمرد والاكوامارين بنفس الطريقة التي صنع بها الياقوت، ولكن نجاحها كان محدودًا.

ولا ترجع الجواهر في مصدرها إلى المملكة المعدنية وحدها، فإن بعضا منها نتاج الحيوان أو النبات، وأشهر هذه الجواهر اللؤلؤ، وهو وإن كان وليد ضيق وشدة إلا أنه مصدر سرور وبهجة للكثيرين، ذلك أن حبة أو حصوة صغيرة غريبة تلتصق بداخل صدفة المحار، فتسبب فيها تهيجًا، وبما أن المحار لا يستطيع طرد هذا الزائر الغريب، فإنه يغطيه بطبقة رقيقة من مادة ناعمة، فلعله بهذا الإجراء يوقف التهيج المذكور. ولكن المحار لا يستطيع الوقوف عند هذا الحد، بل لعل ضغط هذا الجسم الغريب هو السبب في فعل منعكس يحمل المحار على بناء طبقة فوق طبقة، حتى تتكون اللؤلؤة.

وتتكون الطبقات المذكورة بطريق التعاقب من كربونات الكالسيوم ومادة قرنية تعرف بالكونشيولين Conchiolin. ولا تحتاج اللآلئ إلى قطع أو صقل؛ إذ أن جمالها المتعدد الألوان راجع إلى وقع الضوء على الطبقات الرقيقة المتراكم بعضها فوق بعض. وليس للآلئ من قوة الاحتمال ما للجواهر المعدنية، إذ أن كربونات الكالسيوم التي تكون الجزء الأغلب منها تسهل إذابتها بالأحماض، كما أن من اليسير خدشها أو سحقها ومن ثم كانت ضرورة تناولها في عناية وحرص.

وقد نشأت في اليابان صناعة أسموها باللؤلؤ المزروع Culture pearls وفيها تدفع قطعة صغيرة من عرق اللؤلؤ (mother of pearls) أو غيره إلى داخل صدفة حيوان محاري وهو حي على أمل أن يستطيع المحار– على مر الوقت– أنتاج لؤلؤة. ولا يستطيع غير الخبير أن يميز بسهولة بين

الأصناف الممتازة الناتجة من هذه الطريقة واللؤلؤ الطبيعي، إذ هي على كل حال، منتج طبيعي أيضًا. على أنه ليست هناك صعوبة نهائية للتمييز بين الاثنين، فقد اكتشف ج. ف. هـ. سميث و أ. هوبكنس Hopkins عام ١٩٢١ أن الأشعة الفوق البنفسجية تكشف عن ضوء أخضر بدلاً من الأزرق السماوي في اللؤلؤة الهندية.

وينبغي التفريق بين الأحجار التركيبية أو الصناعية والجواهر المقلدة، فالأولى تماثل الأحجار الحقيقية لا في المظهر وحسب ولكن في الصفات الأخرى الطبيعية والكيمياوية، بينما لا يجمع بين الثانية والأحجار الحقيقية إلا المظهر فقط.

وتصنع ما يسمى بجواهر العجينة "Paste" من الزجاج بعد تشكيله إلى الصورة المطلوبة ثم صقله ويلون الزجاج بأكاسيد معدنية مختلفة لتقليد الأحجار الملونة ومن دواعي الأسف للمقلد أن أصلح أنواع الزجاج لهذا الغرض أي ذي القوة الانكسارية العالية، هو الزجاج الرخو، ولهذا السبب يكثر انخداش وجواهر العجينة أثناء الاستعمال، وسرعان ما تفقد لمعتها، ومع ذلك فبعض الأحجار المقلدة تشبه الجواهر الحقيقية شبها عجيبًا.

وتأتي بعد الجواهر، بوصفها وسيلة عتيقة للتزين– مواد التجميل، وهي مواد اختيرت لما فرص فيها من تجميل للجلد، والشعر، والعيون، والأعضاء، وقديمًا اختاروا كثيرًا من الأصباغ ومساحيق الوجه لما تضفيه على المظهر من أثر، دون العناية بتأثيرها على الجلد.

وقد استطاعت الكيمياء في العصر الحديث أن تبين مخاطر المواد غير الصالحة، وأن تستنبط الوسائل التي تضمن نقاء المواد المستخدمة، ولا يزال

ميدان العمل فسيحًا في هذا الشأن، كالاستمرار في دراسة الوظائف الطبيعية لنسج جلد الإنسان الحي، وإخضاع مواد التجميل لمثل القوانين والفحص الدقيق الذي يهيمن على الأغذية والعقاقير.

وكان من أوائل الكتب التي ظهرت في الكيمياء الحديثة ما ألفه الطبيب الفرنسي نيكولا ليمبري Nicholas Lemery عام ١٦٧٥، وفيه ظهرت وصفات للتجميل تحتوي على الرصاص، والقصدير والانتيمون، فليت شعري، ما عدد حوادث التسمم التي نجمت من استعمال تلك المركبات الرصاصية! وجدير بالذكر في هذا الصدد أن ويليام نيكولسن William Nicholson ألف بعد مائة عام كتابًا آخر في الكيمياء، أشار فيه إلى المركبات المذكورة وندد باستعمالها لما تسببه للجلد من أضرار.

وكان بين ما نصح به ليميري أيضًا، ماء القوقع، والماء الذي تبيض فيه الضفادع- وذلك لتبيض الجلد وإزالة ما به من تبقعات.

وعند بحث تأثير المساحيق أو "الكريمات" أو المركبات الأخرى على الجلد، وجب أن نأخذ في الاعتبار تركيب الجلد ووظائف أجزائه. فالجلد في حالة الصحة يكاد يفرز العرق باستمرار، وإذا أعبق الإفراز، نتج عنه ما يؤذي الجلد والجسم معًا. ويتكون العرق في جزئه من الماء المحتوى على نفايات يفرزها الجسم، وفي جزئه الآخر من مادة زيتية تفرزها الغدد الدهنية، ووظيفة هذه المادة هي تزييت الجلد لوقايته من الجفاف والتصلب، كما أن تبخر الماء من سطح الجلد يبرده ويساعد على تنظيم حرارة الجسم.

واستعمال مساحيق الوجه المحتوية على مواد لا تذوب في الماء أو في العرق الطفيف الحامضية قد يؤدي إلى سد مسام الجلد وإعاقة غدد العرق

عن القيام بوظائفها كاملة. والمساحيق التي تستبقى على الوجه مدة طويلة يغلب احتواؤها على مواد غير ذائبة، ولذا فقد يزيد ضررها عن ضرر تلك التي لا تبقى على الجلد طويلا. وليس ثمت غير ذلك من ضرر يذكر، فالمواد المستعملة في تلك المساحيق خاملة بوجه عام، ولا يعرف لها تأثير مهيج على الجلد، وبعض المواد المستخدمة هي الطلق (سيليكات الماغنيسيوم) والطباشير المرسب؛ وكربونات الماغنيسيوم، والكاؤولين وأكسيد الخارصين، وأكسيد التيتانيوم. ونشا الأرز وحامض الساليسيليك.

والطلق، مع أنه كامل النعومة لا يذوب ولكن هناك ما يسمى بمسحوق الطلق مع أنه خليط من كربونات الماغنيسيوم وحامض البوريك، ويناسب الأخير أن الجلد الحساس وخاصة جلد الأطفال ذلك أن كربونات الماغنسيوم تذوب في العرق وحامض البوريك يلطف ويطهر.

ويقال إن مساحيق الوجه الملونة وصبغة الحمرة (الروج) ضارة لاحتمال احتوائها على مواد غير ذائبة تسد المسام، أو على مواد ملونة تهيج الجلد. وقديمًا كان الروج المستعمل نوعا من أكسيد المستعمل لصقل الفضة، ولكن الكارمين Carmine المحضر من الكوشنيل يفضل عليه الآن.

و"كريمات" الوجه عبارة مستحضرات زيتية أو دهنية في أساسها، وقد تحتوي أو لا تحتوي على مكونات معدنية، وأحد الأسس الشائعة لكريم الوجه هو اللانولين أو الدهن الذي يفرزه جلد الأغنام ويمتصه صوفها، وفي تحضير هذا الصوف لصناعة النسيج، يستخلص الدهن المذكور وينقى.

والبترولانم، أو الفازلين الأبيض المنقى يستعمل أساسًا آخر لكريم الوجه، كما يستعمل زيت اللوز، وزيت الهماميليس، وشمع البرافين.

وتحتوي "الكريمات" المضادة للعرق إما على مواد تستطيع امتصاص الرطوبة، أو على مواد قابضة يقصد منها تضييق المسام، ومن هذه المواد أكسيد الخارصين، والشب والكحول، والجليسيرين، وحامض الساليسيليك وحامض البوريك.

ومن مستحدثات كريم الوجه الكريم المنظف، يستعمله من يفضلون، لسبب أو لآخر، عدم استخدام الطريقة العادية للغسيل بالماء والصابون. ويحتوي هذا النوع من الكريم على زيت معدني ليذيب دهون العرق ويترك المواد المسببه للوساخة في حالة تعليق فتسهل إزالتها بالمنشفة أو بالورق الماص. ويسهل العملية استخدام مادة كيمياوية حديثة تعرف باسم تراي إيفا نولامين Triethanolamine تعمل مستحلبة (والمستحلبات هي مواد تعاون على مزج السوائل التي لا تمتزج بطبيعتها كالماء والزيت) ويتصل المركب المذكور جزئيًا بالكحول وجزئيًا بالنشادر، في تركيبه الكيمياوي.

وأحد مكونات بعض أنواع الكريمات المنظفة هو الكاربيتول Carbitol واسمه الكيمياوي داي ايثيلين جلايكول مونوميثيل إيثر Diethylene glycolmonomethyl ether، وهو مذيب علاوة على كونه ملطف للجلد كما يقال.

والتاريخ الكيمياوي للمستحضرات المزيلة للشعر غريب بعض الشيء، فقد استعمل كبريتيد الزرنيخ زمنا طويلا في صناعة الجلود لنزع الشعر عنها، كما عرف أن المادة المذكورة قادرة أيضًا على إزالة الشعر من الجسم، وقد استعملت في الشرق خاصة، بشكل عجينة، استعمالا عاما للغرض المذكور.

والمخاطر التي ينطوي عليها شيوع مادة سامة كهذه واضحة، فهناك حالات معروفة، استخدمت فيها المرأة العجينة المذكورة للتخلص من زوج غير مرغوب فيه، بدلاً من إزالة الشعر.

ووجد بعد ذلك أن خاصية إزالة الشعر لا ترجع إلى الزرنيخ ولكنها تكمن في الجانب الكبريتي من المركب، وقد أدى هذا إلى استخدام أنواع من الكبريتيدات أقل خطرًا من كبريتيد الزرنيخ، ككبريتيد الباريوم، والكالسيوم، والاسترونشيوم، والصوديون. ومما يدعو إلى الأسف أن هذه المواد لا تؤثر في جذور الشعر، بل يقتصر فعلها على الجزء البارز منه، وعلى هذا ينمو الشعر ثانية، وقد يكون نموه أكثف من ذي قبل.

ومن سخرية الأقدار أنه بينما لا نجد مستحضرًا مأمونا يمنع نمو الشعر في أجزاء الجسم المرغوب عنه فيها، فليس هناك أيضًا أي مستحضر ثبت تشجيعه شعر الرأس على النمو. ويقال إنه في جميع الحالات التي ظهر فيها نجاح مركب لإعادة الشعر، فإن النجاح المذكور يرجع إلى تدليك جلدة الرأس أكثر مما يرجع إلى المستحضر نفسه.

الفصل الثامن

الكيمياء والبناء

الرمل والطين من أهم المواد الأولية في صناعة البناء، فهما المادتان الأساسيتان للمساكن الطينية البسيطة، أو المباني الأكثر اتقانًا من الطوب والمونة، أو المنشئات الضخمة الحديثة من الخرسانة المسلحة.

وكلا من الرمل والطين من مركبات السيليكون، ثاني العناصر الشائعة الانتشار في القشرة الأرضية، كما تكون كلاهما نتيجة لانحلال الصخور العتيقة أو تفتتها بفعل العوامل الجوية.

والرمل صورة من صور السيليكا أو ثاني أكسيد السيليكون، وهو أبيض إذا كان نقياً، ولكنه ففي العادة يضرب إلى الصفرة أو الحمرة لاحتوائه على كميات صغيرة من مركبات الحديد.

والطين مركب معقد من السيليكون والألومنيوم، ولا يوجد عادة في صورة نقية كنقاء الرمل.

وهو يقع، في التقسيم الجيولوجي، مع الصخور الرسوبية، أي أن الماء قد حمله حبيبات رفيعة، ثم رسب حين بطؤت سرعة الماء. وتختلف صورته وتركيبه باختلاف أصله والتغييرات التي جرت فيه منذ ترسبه.

وفي بعض الأحوال يحمل الماء المواد الأخرى التي كانت في الصخر الأصلي، ويتخلف الطين بوصفه "طينا متبقيا"، وفي البعض الآخر يحمل الماء

الطين نفسه حتى يرسبه على قاع النهر أو البحيرة أو البحر، ويعرف حينئذ باسم "الطين المنقول".

وحبيبات الطين صغيرة جدًا، ولا تستقر وتنفصل عن الماء بسهولة إذا مزجت معه. وإذا حمل الطين مسافة ما بتيار يتحرك بسرعة، لرسبت على القاع حبيبات الرمل والحصى المختلطة به، بينما تظل حبيبات الطين الناعمة معلقة، فلا ترسب إلا إذا هدأت نسبيا البحيرة أو المحيط، وحتى في هذه الحالة، فإن كثيرًا من الحبيبات الناعمة لمواد أخرى تبقى مع الطين، ولذا يندر أن يكون نقيًا. ومادة الطين بالذات، من الوجهة الكيمياوية، عبارة عن خليط من سيليكات الألومنيوم المأدرتة، أما الشوائب فقد تكون من حبات حجر الجير أو الطباشير أو السيليكا أو مواد أخرى تبعًا لأصل الطين وطبيعة الأرض التي نقل فوق سطحها.

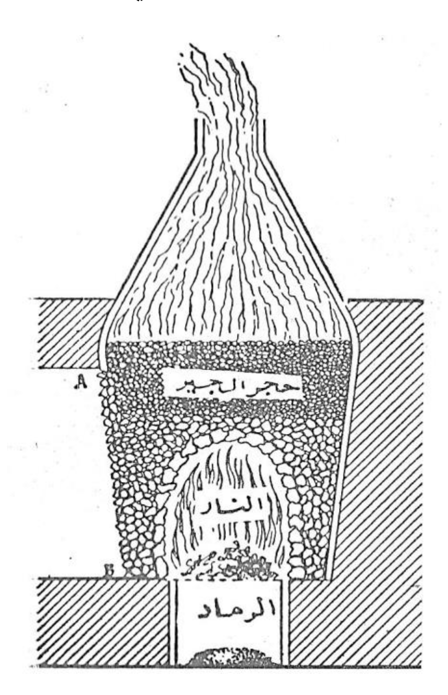
ومن أشهر خصائص الطين أنه يتعجن إذا بلل وتستغل هذه الخاصية في تشكيل الطوب وأشياء أخرى. فإذا جفف الطين في درجة حرارة معتدلة لانكمش وفقد عجينيته ثم يستعيد حالته الأولى إذا أعيد تبليله.

ولكنه إذا سخن إلى درجة ٧٠٠ مئوية لتغير تركيبه الكيميائي ففقد ماءه المتحد، وتصلب كالحجر، أي أصبح طوبًا، ولا يمكن إعادته إلى حالته الأولى.

ويصنع الطوب لأغراض البناء على هذا النسق، فيشكل الطين أولاً وهو عجينة، ثم يجفف في الهواء "ويحرق" بعد ذلك في قمينة مناسبة. والطوب الناتج مسامي، يصلح لأغراض البناء عامة، أما إذا أردنا صنع طوب غير مسامي فيجب إجراء عملية "الأحراق" في حرارة أعلى بكثير من الحرارة

السابقة ينصهر فيها الطوب انصهارًا جزئيًا، فيصير كتلة زجاجية حتى إذا بردت سببت تماسك الحبيبات التي لم تنصهر وانسدت بذلك المسام.

ولا يمكن التنبؤ بلون الطوب من معرفة لون الطين الذي يصنع منه، فلون الطين الطبيعي يعزى في الأكثر إلى الشوائب الكربونية فيه، وهي أشياء تختفي بالاحتراق. ويرجع لون الطوب الأحمر العادي إلى الأكسيد الأحمر الناتج من تسخين مركبات الحديد الموجودة في الطين.



(شكل ٢٦) قطاع في قمينة الجير

والمفترض أن استخدام المونة قديم كاستخدام الطوب إن لم يكن أقدم منه. وأبسط صور المونة خليط من الجير المطفأ والرمل يعجن بالماء حتى يجمد قوامه، وتحدث عدة تفاعلات كيمياوية في صنع المونة، وأثناء تصلبها.

ويصنع الجير عادة بإحراق حجر الجير، كما يمكن الحصول عليه من إحراق الطباشير أو الرخام، فإن هذه المواد الثلاثة عبارة عن صور من كربونات الكالسيوم، وفيما عدا الشوائب المحتمل وجودها في كل منها، فليس ثمت فرق في تركيبها الكيمياوي.

والتعبير بكلمة "إحراق" في صناعة الجير، تعبير خاطئ وأن عم استعماله، فالعملية عملية انحلال بالحرارة، لا إحراق.

وتشحن القمينة بكتل من الحجر الجيري، وتسخن بشدة، إما بواسطة نار الفحم، أو الغاز المنتج Producer فيتحلل حجر الجير بذلك إلى ثاني أكسيد الكربون الذي يتطاير غازًا، وأكسيد الكالسيوم الذي يبقى في القمينة على صورة كتل صلبة تعرف بالجير الحي، وهي التي يتسلمها البناء.

وتأثير الماء على الجير الحي عجيب، فإذا صب عليه الماء بمقادير معتدلة لما رأينا ابتلالا، ولكننا نشهد تولد حرارة عظيمة، وتتفتت الكتل الصلبة الشبيهة بالصخر إلى مسحوق ناعم جاف، وهو ما يسمى بالجير المطفأ أو إيدروكسيد الكالسيوم. وأما الحرارة الناشئة من إطفاء الجير فتنتج من تفاعل كيمياوي هو اتحاد الماء بأكسيد الكالسيوم لتكوين الإيدروكسيد المذكور.

وفي صنع المونة تستعمل كميات زائدة من الماء إذ لا يقتصر عملها على إطفاء الجير، ولكنها تحيله أيضًا إلى عجينة كثيفة، وتترك العجينة المسماة في صناعة البناء "بالمعجون" (وإن انعدمت العلاقة أو الشبه بينها وبين معجون الزجاج) في حفرة لتنضج، وحيث يتحول أي جزء من الجير

الحي فات انطفاؤه إلى جير مطفأ، فإذا خلطنا المعجون المذكور بالرمل حصلنا على المونة.

وتصلب المونة عملية فيزيائية في جزء منها وكيمياوية في جزء آخر، فيعزى الجزء الأول من العملية المذكورة إلى جفاف الماء الزائد بالتبخر. وكذا بالامتصاص في مسام الطوب، أما الجزء الكيمياوي فهو تفاعل إيدروكسيد الكلسيوم ببطء مع ثاني أكسيد الكربون الجوي لتكوين كربونات الكالسيوم، وهي عملية يتخلف عنها الماء.

وعلى ذلك يستحيل الجير في المونة إلى كربونات الكالسيوم مرة أخرى، ومع أن الكربونات المذكورة قد لا تكون في صلابة حجر الجير الذي منه صنعت إلا أنها مركب صلب جاف له نفس التركيب الكيمياوي. ويحدث في العملية مقدار معقول من الانكماش، ولولا وجود الرمل لتشققت المونة. ولا يجري بالرمل أي تغير كيمياوي، ولكنه– وهو موجود بنسبة أربعة أجزاء منه إلى جزء من الجير تقريبًا، يؤدي عمل "المالئ"؛ فيقلل الانكماش إلى أقل قدر ممكن.

وتجري المرحلة الأولى في جفاف مونة الجير بسرعة نسبيا، وقد تتم، تحت الأحوال المناسبة، في بعضة أيام فقط، أما التصلب النهائي فقد يستغرق شهورًا أو أعوامًا إذ أنه يتوقف على وصول ثاني أكسيد الكربون الجوي إلى جميع أجزاء المونة، مما في شأنه استغراق مدة طويلة خصوصًا في الحيطان السميكة. وقد وجد عند ترميم كاندرائية سان بول بإنجلترا منذ قريب أن المونة التي في داخل أحد العمدان الضخمة لا تزال تحتوي على جير مطفأ وذلك رغم مرور قرنين ونصف قرن من تاريخ الإنشاء!

وقد قلنا فيما سبق إن الماء يزول لا في المرحلة الأولى للجفاف وحسب ولكن كنتيجة للتفاعل الكيمياوي الحادث عند التصلب النهائي لمونة الجير. ويلاحظ هذا بشكل واضح في حالة ملاط الحيطان، وهو عبارة عن نوع من المونة يمسكها معا الشعر أو الألياف.

وقد نرى علائم "العرق" بعد عام أو أكثر على حيطان المباني الجديدة حتى تجفيفها بالتهوية أو بالنار، ولا يقف رشح الماء المذكور إلا بعد انتهاء التفاعل بين ثاني أكسيد الكربون الجوي والجير الموجود في الملاط، حتى ليظن ساكن البيت الجديد وهو يرى البقع الرطبة على الحيطان أن البيت غير محمي من غوائل الجو، خصوصًا وأن الرشح المذكور يزيد ظهوره إبان الجو الرطب. وجلي أن مخاوف الساكن ليس لها، في أكثر الأحيان من أساس، فإن الرطوبة التي يراها لم تأت من الخارج، وإنما هي نتيجة كيمياوية لتصلب الملاط، وطبيعي أنها تظهر بوضوح أكبر أثناء الجو الرطب وذلك لبطء التبخر في الجو المذكور.

وقوة الربط في مونة الجير النقية ليست كبيرة، إذ أنها مهاد للطوب أكثر منها بيئة تمسكه معًا؛ وقد ظن في وقت ما أن تفاعلاً كيمياويًا بطيئا يتم خلال سنوات بين الرمل وكربونات الكالسيوم لتكوين سيليكات الكالسيوم الشبيهة بالصخر الجامد. وعزز هذا الزعم، فيما يظهر، أن المونة في كثير من المباني العتيقة أصلب وأشد تماسكا من مونة الجير الحديثة التصلب. على أن الأبحاث الأخيرة قد أثبتت بطلان الزعم المذكور، فإن مونة القرون الوسطى الصلبة كانت تصنع بإحراق حجر الجير المحتوى على شوائب عارضة خلعت على المونة ما يشبه صفات الإسمنت.

ويصل البناء الحديث إلى نتيجة مشابهة بخلط كمية صغيرة من الإسمنت مع مونته.

وتعرف أغلب أنواع الإسمنت المستخدمة الآن في البناء باسم "الإسمنت الأيدروليكي"، إذ أن لها قدرة التصلب تحت الماء، وذلك بامتصاصها للماء ثم اتحادها معه بدلاً من التخلص منه، وكثير من المونات الصلبة البدائية التي قاومت غوائل الزمان منذ القرون الوسطى- كانت محتوية دون ريب على مواد أيدروليكية، ولو أن وجودها كان وليد المصادفة أكثر منه نتيجة تطبيق علمي.

ويظن أن الرومان كانوا أول من حضروا عامدين الإسمنت الأيدروليكي، وأن هذا الفن قد ضاع بعدهم ثم أعيد اكتشافه في العصور الحديثة.

وأضاف الرومان إلى مونة الجير مواد سيليكية معينة مجروشة أو مطحونة تسمى بوزولاناس[١٠] Puzzolanas فلبعض السيليكا في هذا الرماد خاصية الاتحاد بالجير (وذلك بخلاف سيليكا الرمل) لتكوين سيليكات كالسيوم صلبة.

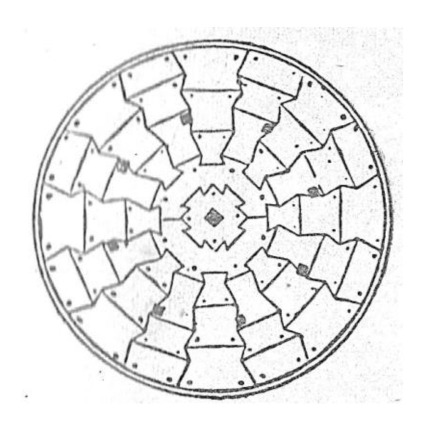
ويبدأ التاريخ الحديث للإسمنت الأيدروليكي بعيد إحراق منارة أديستون Eddystone[١١] الثانية عام ١٧٥٦، وفي العام التالي طلب إلى سميتون Smeaton أن يستبدل بناء حجريا بالخشبي الذي احترق، وأدرك سميتون أن نجاحه سيتوقف إلى حد كبير على المادة التي ستستخدم لربط الكتل الحجرية، ورأى طبعًا صرف النظر عن مونة الجير العادية، فهو يريد

---

(١٠) نسبة إلى رماد البراكين ببوزيولي على مقربة من نابولي- المترجم.

(١١) في منطقة خطرة على الملاحة بقرب بليموث بإنجلترا- المترجم.

مادة تتصلب تحت الماء، فتصير جامدة ناعمة، ذات خواص ربطية عظيمة. وعلى هذا الأساس طفق سميتون يجمع المعلومات، ويجري التجارب على أنواع من الجير جيء بها من جهات متباينة بالبلاد؛ وخاصة على واحد منها ينتج من إحراق صخر يوجد في أبيرتو Aberthaw على شاطئ كلامور جانشاير Clamorganshire. وأجرى سميتون بمساعدة صديقه الكيمياوي كوكويرذي Cookworthy تحاليل تقريبية لمختلف أنواع الجير، وانتهى إلى أن إحراق حجر الجير المختلط بالطين. ينتج جيرًا ذا خواص أيدروكيلية.



(شكل ٢٧) قطاع أفقي في الجزء السفلي الصلب من منارة إديستون تظهر فيه طريقة تعشيق الحجارة معا..

وكان بقاء منارة سميتون مدة تزيد عن مائة عام وعدم استبدالها حتى بدأ البحر يقوض الصخر الذي تقوم عليه دليلاً كافيا على صحة هذا الاستنتاج.

وفي عام ١٨٢٧ بدأ أحد ضاربي الطوب في بوركشير Yorkshire والمسمى آسبدين Aspdin في صنع أسمنت أيدروليكي من إحراق خليط من الطين والطباشير، وسمى هذا بأسمنت بورتلاند Portlnad لمشابهته حين يتصلب لحجر بورتلاند ويصنع أسمنت بورتلاند الحديث بطريقة مماثلة ولكن

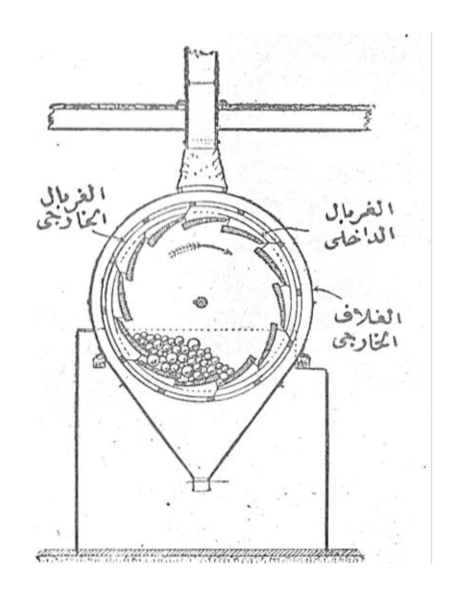
تحت ظروف يتحكم فيها. ومن مواد مختارة طبقًا لتحليلها الكيمياوي، فيخلط الطين المسحوق ناعماً مع الطباشير أو حجر الجير خلطًا جيدًا، ثم يسخن الخليط في قمينة دوارة إلى درجة حرارة تلين معها الكتلة كلها وتنصهر جميعًا. وتطحن الكتلة الناتجة في طاحونة ذات أكر Ball mill أو غيرها من الطواحين، حتى يمر المسحوق الناتج من غربال به ٩٠٠ ثقب بالسنتي متر المربع.

ويخرج الإسمنت "سريع" التصلب أو "بطيئة" تبعًا للمواد المستعملة ولطريقة الصنع. ويختلف الزمن اللازم للتصلب في أقل من نصف ساعة للنوع السريع إلى سبع ساعات للنوع البطيء من الإسمنت.

وملاط باريس Plaster of Paris نوع آخر من الإسمنت الأيدروليكي يصنع بتسخين الجبس (كبريتات الكالسيوم) إلى درجة حرارة ١٢٠ مئوية، وعندها يفقد الجبس جزءًا من ماء تبلوره ويصير مسحوقا ناعمًا أبيض.

فإذا خلط بالماء استعاد المسحوق ماء تبلوره المفقود. وتصلب بسرعة إلى جامد أبيض مكون من بلورات دقيقة إبرية الشكل. وهذا الملاط يتصلب بسرعة لا تسمح باستخدامه في عمليات البناء؛ ولو أن السرعة المذكورة يمكن الإقلال منها بمزج كمية صغيرة من الجليسرين مع الماء الذي يضاف للمسحوق.

وإذا سخن الجبس إلى درجة حرارة تزيد كثيرًا عن ١٢٠ مئوية فقد كل ماء تبلوره وصار إلى ما يسمى بالملاط "الميت" Dead Burut أو "فوق المحروق Over Burut، وهذا النوع أكثر بطئا في تصلبه ولكنه أشد صلابة.



(شكل ٢٨) قطاع في الطاحونة ذات الأكر

ويستعمل إلى حد ما هذا النوع الأخير من الجبس، أو ما يشبهه، في الأجزاء الداخلية من الأبنية. فالطبقة النهائية من ملاط الحيطان تحتوي عادة على نوع ما من الجبس.

وكل مواد البناء التي ذكرت حتى الآن يمكن اعتبارها دائمة ولا تتعرض لعمليات البلي إلى حد محسوس، ولكن الأمر على غير ذلك مع الخشب أو الحديد المستعمل في الأبواب وإطارات النوافذ، والميازيب والمواسير ونحوها، فهذه كلها معرضة للتلف إلا إذا وقيناها من العوامل الجوية بطريقة ما.

ولطريقة العادية لهذه الوقاية هي استعمال البويات والورنيش. وهنا تلعب الكيمياء دورها مرة أخرى.

ولا تقتصر قيمة البوية على الوقاية. فقد تكون للزينة أيضًا، ومن حسن الحظ أن بالإمكان التزيد من ناحية الزينة دون التدخل في الناحية الوقائية.

وتتكون البوية أصليا من مسحوق ملون يسمى "باللون" مخلوطا مع سائل يسمى "الحامل" لتشكيل عجينة رقيقة نوعا. ويمكن القول بصفة عامة إن اللون يتكفل بالناحية الزيتية من البوية. بينما تتوقف قيمتها الوقائية. إلى حد كبير، على طبيعة السائل المستخدم حاملاً.

وفي بويات الماء التي يستعملها الفنان لا يعدو الحامل أن يكون محلولا مائيا للصمغ وتجف البوية بتبخر الماء تاركا غشاء رقيقا من الصمغ فوق السطح المدهون بالبوية. وبما أن القيمة الوقائية لهذه الطريقة قليلة، فإن صور البويات المائية تغطي بالزجاج. وبوية الحيطان الرخيصة ذات تركيب مماثل لتلك، ويستعمل فيها الغراء بدلاً من الصمغ كعامل رابطة وقد تحتمل هذه البوية الغسل بالماء البارد، أما الساخن فسرعان ما يلين الغشاء الغرائي الواقي ثم يذيبه. وبوية الحيطان التي تحتمل الغسل تحتوي بعض الزيت بوصفه حاملا وهي أشد بقاء واحتمالا متى جفت.

وليس لأي نوع من البويات التي ذكرت حتى الآن، قيمة وقائية تذكر، ولذا فهي غير صالحة للطلاء بها من الخارج فبويات السطوح المعرضة للجو الخارجي كلها تقريبًا بويات زيتية، أي أن الحامل فيها يتكون رئيسيا من الزيت، وهي لهذا أشد احتمالا بكثير من سابقتها. كما أنها كبيرة الأهمية حتى لتقصر عليها في الاستعمال العادي كلمة "بوية" اللهم إلا إذا قصد بها نوع آخر محدد.

وأغلب الزيوت لا يتغير كيمياويا حين يعرض للهواء وبعضها يترنخ، وقلة منها تسمى بالزيوت الجافة تمتص الأكسجين من الهواء، فتفقد طبيعتها الزيتية، وتتحول إلى مواد صلبة مرنة تشبه الراتينجات. وهذه الزيوت وحدها — وأهمها زيت بذر الكتان– هي التي تصلح لتحضير البويات الزيتية.

وعلى هذا فجفاف بوية الزيت هو نتيجة تغير كيمياوي في الزيت ينتج عنه غشاء قوى غير نفاذ، يربط حبيبات اللون معًا، ويحمي السطح المدهون من غائلة الجو.

وفي حالة زيت بذر الكتان والزيوت الجافة الأخرى المستخدمة في صناعة البويات، تستغرق عملية التأكسد والتي تختلف باختلاف الظروف الجوية– أيامًا عديدة حتى تنتج سطحًا جامدًا. ولا يرضى النقاش بهذا، فهو ينشد البويته التصلب (الشك) إلى درجة كافية في ثماني أو تسع ساعات حتى لا يلتصق بها التراب، كما يطلب أن تجف في أربع وعشرين ساعة لدرجة تحتمل معها طبقة أخرى.

ومن حسن الحظ أن بالإمكان تعجيل العملية الكيمياوية المسماة بالجفاف، وذلك بوسيلة بسيطة، فإن مركبات معادن معينة، وخاصة الرصاص والمنانجانيز والكوبلت، إذا أضيفت بكميات صغيرة لقامت بوظيفة العامل المساعد؛ وعجلت عملية التأكسد ومن ثم جفاف الزيت. ولذا تستغل هذه الخاصية عند تحضير هذه البويات، فنضاف إلى الزيت قبل مزجه باللون كميات صغيرة من تلك المركبات المعدنية المسماة في الصناعة بالمجففات.

وتستعمل أكاسيد المعادن أحيانًا كمجففات، أما في أكثر الأحوال فيستعمل مركب من المعدن المختار مع الأحماض الدهنية لزيت بذر الكتان أو للقلفونية، فإن هذه المركبات أسرع اندماجاً بالزيوت الجافة.

ويعد الزيت الخام المستخلص من بذرة الكتان للاستخدام في صناعة البويات بطرق متباينة. فأحيانًا ينقى الزيت لتخليصه من الرطوبة والمادة الصمغية، ويسمى السائل الشفاف الناتج بزيت بذرة الكتان "النقي" وتحول كمية كبيرة من الزيت الخام إلى "زيت مغلي" وذلك بإبقائه في حرارة تتراوح بين ٢٠٠ و٢٦٠ درجة مئوية ملامسما الهواء مع إضافة كمية لا تتجاوز ٢% من مادة "مجففة".

والزيت المغلي يجف بسرعة مكونا غشاء جامدا، ولذا فهو كبير القمة في البويات، وهو لا يستعمل وحده في العادة ولكنه يمزج ببعض الزيت الخام. وإلا كان من المحتمل تكون غشاء أكثر قابلية للانكسار يؤدي إلى تشقق السطح المدهون.

وكان الصانع قديما يحضر في العادة بويته بنفسه، فيفرك "اللون" المسحوق سحقا ناعما مع زيت بذر الكتان على لوحة من الزجاج أو الرخام بواسطة سكين أو مجرشة، ويستمر يفعل ذلك حتى يحصل على عجينة متجانسة جامدة القوام كالمعجون. وعند الاستعمال تخفف العجينة المذكورة بإضافة الكمية اللازمة من الزيت "والمجففات".

وهذه العملية كبيرة النفقة. كما أنها أبطأ من أن ترضى المطالب الحديثة، ولذا تحضر اليوم عجينة البوية في الصناعة بخلط الزيت واللون مبدئيًا في خلاط مناسب، ثم تطحن العجينة وتخلط جيدًا. بطاحونة ذات

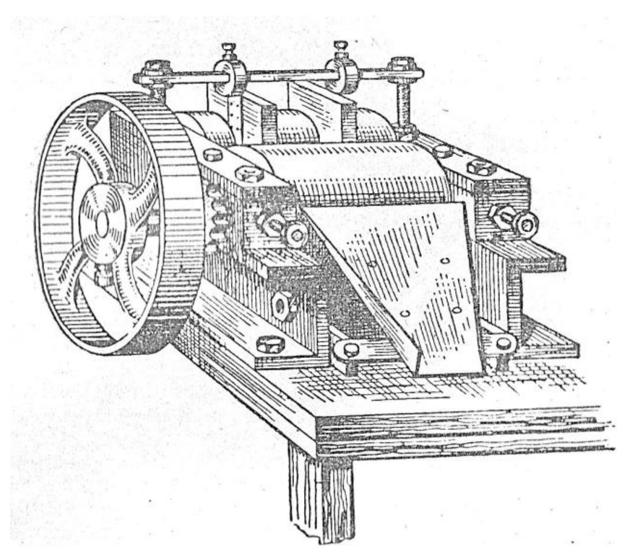
أسطوانات أو غيرها من الطواحين. بعد ذلك يمكن تحويل العجينة في المصنع إلى بوية معدة للاستعمال، وتباع إلى طالبها بوية مخلوطة، على أن بعض النقاشين يفضل شراء عجينة البوية، ثم يقوم بنفسه بعملية التخفيف.

وألوان الزيت التي يستعملها الفنانون ما هي إلا عجينة البوية معبأة في أنابيب، ويستعمل فيها زيت بذر الخشخاش بدلا من زيت بذر الكتان، وذلك للونه الباهت.

فإذا وجد أن البوية كثيفة القوام أكثر مما يسهل نشرها بالفرشاة أضيف إليها مخفف عضوي. وهو كما يفهم من اسمه يخفف من قوامها، ولكنه لا دخل له في تكوين غشاء واق، ذلك أنه يتبخر –وهو بعد مادة متطايرة– من السطح المدهون بعد طلائه بوقت قصير.

والتربنتينا "والسبرتو الأبيض" هما المخففان المستعملان في العادة، ويحصل على المادة الأولى من الإفرازات الراتينجية لأنواع مختلفة من شجر الصنوبر، فتجرح الأشجار. وتجمع العصارة الصمغية في أوعية؛ وتقطر هذه المادة المسماة بالراتينج الزيتي Olea – resin، فتنتج عنها التربنتينا تاركة وراءها في المقطر راتينجا جامدًا يعرف بالقلفونية.

أما "السبرتو الأبيض" فهو مادة بترولية، يشبه البنزين ولكنه أقل منه تطايرًا، ويدعى أحيانًا بالتربنتينا المعدنية أو بديل التربنتينا، وكان ينظر إليه فيما مضى على أنه بديل رخيص ورديء للتربنتينا. ولكنه استخدم على نطاق واسع



(أنظر شكل ٢٩) طاحونة ذات أسطوانات تستخدم لطحن "الألوان"

بوصفه مخففًا للبوية، ويظهر أنه مساو للتربنتينا لتخفيف بويات الزيت العادية، ولكن جودته تقل كمخفف للورنيش. وهو مفضل على التربنتينا لتنظيف فرش الرسامين والآلات المستخدمة في صنع البويات.

وتتوقف إلى حد لمعة بوية الزيت حين تجف على نسبة المخفف المستعمل، فإذا ضربت عجينة البوية بزيت بذر الكتان المحتوى على قدر صغير من المخفف لجفت البوية بلمعة ناعمة. أما إذا استعمل المخفف بنسبة أربعة أجزاء إلى واحد من الزيت لحصلنا على سطح "مطفأ" لا يلمع.

وإذا أريد الحصول على لمعة أكثر صقلا، غطى السطح المدهون بعد جفافه بطبقة من الورنيش لا تحسن مظهره وحسب بل تضفي عليه حماية إضافية.

والورنيشات عبارة عن محاليل للراتينجات أو الأصماغ أو اللك Lac في مذيب مناسب. فورنيش السبرتو ما هو إلا محلول لراتينج مناسب في الكحول أو مذيب مشابه، ويجف هذا النوع من الورنيش بتبخر المذيب تاركا غشاء رقيقاً لامعًا من الراتينج فوق السطح المعامل بالورنيش، ولورنيشات السبرتو ميزة الجفاف بسرعة لا تعدو الدقائق في العادة، ولكن الغشاء الذي تتركه يتلف بسهولة، ولذا لا تستعمل عادة في الدهان من الخارج، وتحضر هذه الورنيشات بكثرة من الجمالاكه وتسمى "باللاكيه"، والجمالاكة إفراز يوجد على أشجار شرقية معينة تنتجه حشرة تعرف بحشرة اللك. وتتغذى الحشرة المذكورة بعصارة الشجرة بعد ثقب قشرتها ثم تفرز كميات كبيرة من اللك الذي يكون راسبًا على الفروع. وتجمع هذه الفروع فيفصل منها الراسب وينقى. ويصنع ورنيش العقد؛ الذي تغطى به العقد في الخشب، كما يصنع الورنيش الفرنسي من أذابة الجمالاكة في السبرتو.

والورنيش الذي يستخدمه مزخرفو المنازل عبارة عن ورنيش زيتي في العادة ويحضر بإدماج الصمغ أو الراتينج مع زيت جاف.

ويحتاج تحضير هذا النوع من الورنيش قدرًا من المهارة والتمييز، فلا يقوم به —حتى إلى وقت غير بعيد– إلا المختصون، وكان ينظر إلى هؤلاء على أنهم العارفون بكنه الأسرار، والحافظون لها بالصون والكتمان، حتى نزلت الكيمياء بهذه الخبرة في صناعة الورنيش إلى مسألة مقاييس ودرجات حرارة، فمكنتنا من استخدام مواد أكثر تنوعاً، ومن إنتاج مواد محددة الصفات تناسب أغراضًا متباينة.

ولا يذوب الراتينج عادة في زيت بذر الكتان، ولذا كانت العملية الأولى في صنع الورنيش هي المعروفة بإسالة الصمغ، وتتلخص في تسخين الراتينج حتى ينصهر. وتحدث فيه تغيرات كيمياوية معينة. فيفقد الماء وبعض المركبات الغازية الناشئة من الانحلال أثناء العملية المذكورة.

ويجري هذا بينما يسخن الزيت على انفراد إلى درجة ٢٦٠ مئوية، ثم يضاف ببطء إلى الراتينج المنصهر ويمزجان بعناية، بعد ذلك يسخن المزيج ثانية للتأكد من اندماج الزيت اندماجاً كاملاً ويختبر الصانع الماهر المزيج المنصهر من وقت إلى آخر ليرى أنه يكون خيوطًا طويلة إذا ضغطنا نقطة منه بين الإبهام والسبابة ثم فصلناهما. ويتوقف قدر "التخط" الذي يستهدف على نوع الورنيش. وتضاف "المجففات" إما خلال عملية التسخين أو بعدها، فإذا برد الورنيش بعض الشيء خفف بالتربنتينا إلى القوام المناسب.

وتختلف الراتينجات المستخدمة تبعًا لنوع الورنيش المطلوب. وكل الراتينجات الطبيعية عبارة عن إفرازات من أشجار البلاد الحارة غالبًا، وبعض هذه الراتينجات المستخدمة في صنع الورنيش هي الكوبال الإفريقي والمانيلا والكاورى والدمار، والساندراك؛ والماستيك، وتصنع بعض الورنيشات من زيت التونج (Tung) أو زيت الخشب الصيني وذلك بدلا من زيت بذر الكتان، ويزداد استعمال هذا الزيت في صناعة الورنيش خصوصًا في الأنواع المصنوعة من الراتينجات التركيبية، وهو يختلف عن زيت بذر الكتان في أنه إذا سخن تحول بسهولة إلى جامد هلامي، ولذا وجب اتخاذ احتياطات خاصة لاستخدامه بنجاح.

ومع أن من العادة وضع طبقة من الورنيش على سطح مدهون بالبوية إلا أن البويات تحضر أحيانًا بتخفيف عجينة البوية بالورنيش وإذا استخدم ورنيش مطاط من درجة عالية عرف الناتج باسم الميناء (Enamel) ، ولكن كثيرًا مما يسمى ببوية الورنيش يصنع من ورنيش أرخص وأقل مرونة ويطلق عليه هذا الاسم، وهو يجف بدرجة عالية من اللمعة، ولو أنها قليلة الاحتمال ولا تصلح إلا للأشغال الداخلية.

ولا يتسع المقام إلا لموجز صغير عن "الألوان" المستعملة في صناعة البويات، فهي، في كثير من الأحوال، عبارة عن مركبات ملونة لمعادن مختلفة، وتحضر إما من المواد الطبيعية بواسطة السحق باحتراس، وإما بتحضيرها كيمياويا في شكل مسحوق دقيق بواسطة الترسيب وغيره من العمليات، وقليل من البويات. فيا عدا ألوان الفنانين، يحتوي لونا واحدًا، وحتى البويات الملونة تحضر عادة بطريقة المزج مع بويه بيضاء خاملة.

وأبيض الرصاص أو الاسفيداج من أقدم البويات البيضاء ويحضر من فعل أبخرة الخل بالاشتراك مع الهواء الجوي على صفائح الرصاص، وللبوية المذكورة قوة تغطية جيدة، وعتامة، مع احتمال عظيم، ولو أن الكثير من السلطات لا تنظر إليها بارتياح لخواصها السامة، فقد حدث أن تسمم بالرصاص نقاشون تنفسوا المسحوق الناعم المنبعث من صنفرة سطوح كانت مدهونة بأبيض الرصاص، وقد انتهت بعض هذه الحوادث الحادة بالمرض الخطير أو حتى بالموت. وتحظر بعض البلاد بقوة القانون استخدام هذه البوية، أما في إنجلترا حيث يجوز استعمالها فإن القانون يلزم اتباع طريقة مبتلة لإزالتها حتى تتجنب إثارة ترابها السام. وللبوية المذكورة عيب آخر. فقد يقتم لونها بالتعرض لجو المدن، لأنها كيمياويا، عبارة عن كربونات الرصاص

القاعدية، ويعزى هذا التغيير إلى تأثير الغازات الكبريتية من مداخن المصانع والبيوت إذ تحول البوية المذكورة إلى كبريتيد الرصاص الأسود، ورغم هذه العيوب فإن أبيض الرصاص لا يزال مطلوبا لجودته العالية.

وقد حل أوكسيد الخارصين أو أبيض الخارصين أو الأبيض الصيني عند الفنانين– محل أبيض الرصاص إلى حد ما، وخاصة في تحضير أنواع الميناء، وهو غير سام كما أنه لا يكون كبريتيد أسود.

وإحدى قواعد البويات البيضاء الأخرى من الطراز الممتاز هي أبيض التيتانيوم أو أكسيد معدن التيتانيوم، ولم يمض وقت طويل منذ كان يعتبر هذا المعدن ومركباته من المواد النادرة، ولكن التقدم الكيمياوي قد يسر اليوم صنع هذا الأوكسيد على نطاق تجاري، ومن المحتمل أن يكون له مستقبل هام في البويات.

وتمدنا أكاسيد متنوعة للحديد بالألوان الحمراء والسمراء والصفراء، كما أن أوكسيد الرصاص الأحمر (السلاقون) لون أحمر يستعمل كثيرًا في البويات الأولية. خصوصًا لتغطية الحديد المشغول بطبقته الأولى من البوية.

ومن الألوان المحضرة كيمياويا نذكر الأزرق البروسي، وهو من ملح حديدي وحديدو سيانور البوتاسيوم وصفر الكروم وهي مركبات مزدوجة من الكروم ومعادن أخرى متنوعة، وأيضًا ما يسمى بألوان اللايك (Lake)، وهي تصنع من ترسيب صبغة أنيلينية على قاعدة بيضاء خاملة مثل أكسيد الألومنيوم فتيسر بذلك المرسام ألوانًا وظلالاً متباينة لم تعرفها الأجيال السابقة من مهرة الصناع.

الفصل التاسع

الكيمياء والكشف عن الجريمة

الشرطي السري الذي يعتمد على العلوم هو إحدى الشخصيات المعروفة في القصص. تشهد بذلك شهرة شرلوك هولمز ودكتور ثورندايك وغيرهما. ويعلم الجميع أن لكل إدارة بوليسية معملاً خاصًا كاملاً بموظفيه، كما أن لها مستشاريها العلميين. وسنبين في هذا الفصل بعض المسائل التي تعرض لهم والتي يهتم بها الكيمياوي بوجه خاص.

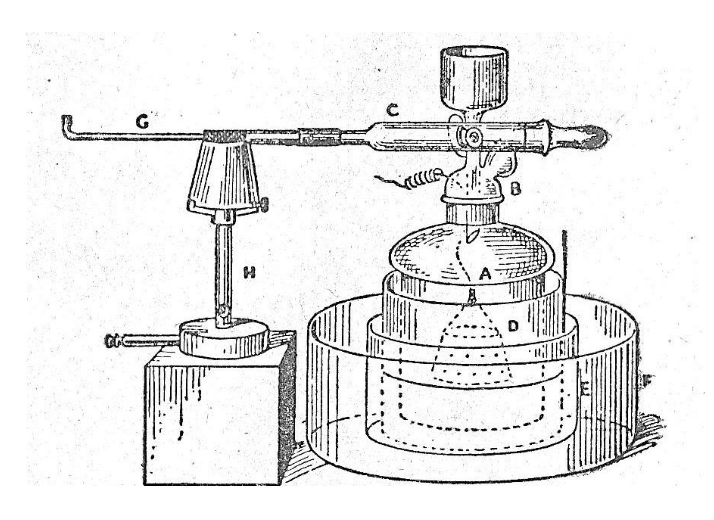
وكان الشرطي السري في وقت مضى يلجأ إلى الطبيب حين يحتاج إلى بحث نقطة علمية، فقد اعتبر الطبيب خبيرًا، لا فيما يتصل بالطب والجراحة فقط، ولكن في السموم، وتحليل الأغذية، والأنسجة، والمياه، وما إليها من الأشياء. وقد تغير الأمر الآن، ولو أن الأطباء لا يزالون أكثر الشهود الخبراء في دور المحاكم، فهم ذوو صلة مستمرة بمسائل الولادة، والموت، وشرعية البنوة ونحوها. ومنذ بلوغ الكيمياء مرتبة العلم الدقيق. لعب الكيمياوي دورًا متزايدًا في الكشف عن الجريمة واقتصاص العدالة من المجرمين.

وأول ما يطرأ على الفكر هو الكشف عن السموم، وهنا قد يبدو طبيعيًا أن نلجأ إلى الطبيب، لأن أغلبية المواد المستخدمة سمومًا تستخدم أيضًا للتداوي ولو بجرعات أصغر على أن علينا أن نذكر أن الطبيب وإن أحاط بالتأثير العلاجي لاستخدام الجرعات الصغيرة إحاطته بالتأثير القاتل للجرعات الكبيرة– إلا أن البرهان النهائي بالتحليل الذي لا يقربه الشك على أن سمًا

معينًا قد استخدم هو أمر يخص الكيماوي وحده– أو هو، على أية حال، مسألة كيمياوية. وهذه حقيقة يزيد الاعتراف بها يومًا عن يوم. والمحلل العام في إنجلترا لا يعين اليوم إلا من بين الحائزين على لقب زميل بمعهد الكيمياء Fellow of Institute of Chemistry الذين اجتازوا الامتحان المقرر في تحليل الأغذية والعقاقير وما إليها.

وكان الزرنيخ عند المتجهين للإجرام هو السم المفضل إذ يسهل الحصول عليه عادة بحجة قتل الأعشاب أو الجرذان، وما زالت حوادث التسميم به تقع حتى اليوم، وذلك رغمًا عن كونه من أسهل السموم كشفًا عنها– ومعنى السهولة هنا، أن اختباراته قاطعة ونهائية، وأن السم المستخدم نفسه، يمكن فصله بكمية كافية لإبرازها في المحكمة إذا أريد ذلك. ويجري الاختبار المذكور بتحضير محلول من المواد المشتبه فيها كالأمعاء، والشعر، والأظافر وهكذا. ثم وضعه في جهاز يتكون فيه ايدروجين حديث التولد، ويحضر هذا من تحليل الماء تحليلاً كهربائيًا أو من تأثير حامض على الخارصين. فيختزل الايدروجين المتولد مركبات الزرنيخ الموجودة ويتحد مع هذا العنصر لتكوين غاز الأرسين (الإيدروجين المزرنخ) الذي يخرج من الجهاز بواسطة أنبوبة ذات فتحة ضيقة قد سخنت إلى درجة يتحلل فيها غاز الأرسين ويترسب الزرنيخ على الأجزاء الباردة من الأنبوبة فتتكون بهذا "مرآة" معدنية يمكن تقدير الزرنيخ فيها بالنظر عند موازنتها بمرايا أخرى تكونت تحت نفس الظروف من مقادير معروفة أصلًا من الزرنيخ. وبهذه الطريقة يمكن الكشف عن كميات متناهية في الصغر وتقديرها أيضًا بدقة، فإن جزءًا من ٤٨٠ مليون جزء من الجرام ينتج مرآة واضحة. وتوجد هذه الكمية، بل أكثر منها في عينة بريئة دون أن يتحتم كونها استخدمت بغرض الإجرام. إذ أن

أكثر المواد الغذائية يحتوي على كميات ضئيلة من الزرنيخ. ولذا وجب البحث عن كميات أكبر بكثير في قضايا التسميم، ويتضح من ذلك أن دقة الاختبار المذكور كافية للمطلوب منه.



(شكل ٣٠) جهاز كشف عن الزرنيخ

وليس الكشف عن كل السموم أو قياسها بهذه السهولة، ولو أنه حتى هذه الطريقة الواضحة نسبيًا لا يجريها إلا الخبراء فالمسئولية الواقعة على عاتق المحلل خطيرة جدًا، ولا يقرب هذا العمل إلا من نال المران والعلم اللازمين عن الظروف الواجب توافرها لإجراء مثل هذا الاختبار الذي يستطيع وحده ضمان نتائج يعتمد عليها.

وكثير من اختبارات السموم الأخرى يجب القيام بها أكثر من مرة، ويستوجب القانون في بلاد كالهند أن يحصل المحلل على أكثر ما يمكن من المعلومات عن القضية قبل بدء التحليل، وذلك حتى يتجنب –بقدر الإمكان– إتلاف الأدلة دون قصد. فمن المعلومات التي تعين المحلل وترشده مبدئيًا في مهمته عدد الأشخاص المشتبه في تسممهم، والأعراض

التي لوحظت، وما إذا كانت هذه الأعراض قد ظهرت على الأشخاص اللذين كان من المحتمل تسممهم فبدون هذه المعلومات قد يتلف الكيمياوي –إذا اكتفى باختبار واحد– بعض المواد التي قد يحتاج إليها فيما بعد.

ولا يتيسر في حدود كتاب كهذا، حتى الإشارة الوجيزة إلى المنوال الذي يبحث به المحلل عن كل السموم الممكنة.

فالسموم الشائعة، غير مركبات الزرنيخ، تضم القلويات (كالمورفين والاستركين والهيوسيلين والكوكايين.. الخ).

والعقاقير (كالاسبيرين والفينازون والانتفيبرين والفيرونال والسلفونال ومنومات أخرى عديدة تعتبر كلها سامة إذا أعطيت بجرعات زائدة) والمعادن (كالأنتيمون والرصاص والنحاس والزئبق ومركباتها) والمواد الكيمياوية (كحامض الكربوليك وحامض الأوكساليك وأملاحه والكلوروفورم والكلورال وحامض البروسيك.. الخ).

وتؤدي الكيمياء، بالإضافة إلى الكشف عن السموم خدمات عديدة أخرى لقوى القانون والنظام، ولنتصور كم عاون سير العدالة فحص أشياء كبقع الدم والأنسجة، والدوبارة، والحبال، والتراب وبقع مواد مختلفة، ونستطيع أيضًا أن نذكر استخدام المجهر، والتصوير الشمسي، والتصوير الميكروفوتوغرافي، واستعمال الأشعة فوق البنفسجية لفحص الوثائق والحبر والبويات، ومع أن مثل هذه الأعمال ليس كيماوية بالضرورة إلا أنها جزء من عمل الكيمياوي إذ يكاد يكون من المؤكد ضرورة تحليل جزء من المواد المشتبه فيها.

وكثيرًا ما تخضع النقود للتحليل الكيمياوي، وفيما عدا النقود الذهبية التي كان العالم أن ينسى رنينها، فإن النقود المتداولة هي عملة رمزية، لا تساوي فعلاً القيمة الأصلية المعينة لها. وليس للعملة البرونزية من القيمة ما يحرض على تزييفها، أما العملة الفضية الأكبر حجمًا فإن إغراءها على التزييف شديد نظرًا لأن الثمن الفعلي لما فيها من الفضة أقل بكثير من قيمتها الإسمية. وتصب النقود المزيفة أحيانًا في قوالب، وتضرب أحيانًا أخرى بأختام كما تضرب النقود الحقيقية، ولولا وجود فروق طفيفة في التركيب لكان من العسير التمييز بين الزائف والصحيح. وهنا تأتي النجدة من المحلل فكثيرًا ما كان تحليل معدن النقود المزيفة كافيًا لإثبات جرم الصائغ الذي ضبط بمحله المعدن المريب، والجهاز الملائم للتزييف.

وعلى الكيمياوي عند فحص بقع مشتبه فيها بأنها دماء، أن يقرر أولًا ما إذا كانت بقعة معينة يمكن أن تكون من الدم أم لا، أي أنه يجري اختبارًا ابتدائيًا يستطيع من نتيجته أن يقرر حالًا أن البقعة ليست من الدم. وليس ثمة اختبار كيمياوي بحت يستطيع بسهولة أن يمدنا ببرهان قاطع مطلق على وجود الدم، ولكن هناك عددًا من الاختبارات يمكن بواسطتها استبعاد بقعة من أن تكون دمًا فإذا حدث أن بقعة لم تستبعد، وجب فحصها أولاً تحت المجهر لمحاولة رؤية الكرات الدموية، ويلي هذا اختبار ميكروكيمياوي ثم فحص للطيف بجهاز الميكروسبكتروسكوب وتكفي هذه الاختبارات لتقرير أن البقعة من الدم، وبعد ذلك يمكن عادة باختبار كيمياوي حيوي، أن نبين أصل الدم (من إنسان أو ثور.. الخ) فإذا كان إنسانيًا عينت فصيلته بين الفصائل الأربع.

وليس قليلاً أن يطلب إلى المحلل فحص أجزاء من أنسجة أو ملابس أو أكياس مختلفة.. الخ حتى يتسنى إلقاء الضوء على ماضيها. وقد أثمر هذا البحث أحيانًا، مع ضعف الأمل فيه ظاهريًا، ثمرات هامة، إذ أن لكل نوع من الألياف أو الخيوط أو النسيج خصائص يمكن قياسها، ومن دراستها يمكن تعلم الكثير، وزيادة على ذلك، فكثيرًا ما يفيدنا.

التراب اللاصق بالأشياء المفحوصة، والبقع حين تكتشف طبيعتها أو أسبابها، وهذا النوع من العمل مقصور على الأخصائيين، فخبير الأنسجة الملم مثلاً بمظهر الألياف تحت المجهر يستطيع أن يرى خلال مجهره أكثر بكثير من الخبير بالمجهر الذي لا يحيط بالألياف المختلفة، فهو يستطيع دون شك أن يميز، من النظرة الأولى، بين الألياف الحيوانية كالصوف والألياف النباتية أو الصناعية، بل قد يستطيع أن يتعرف على أصل الألياف الحيوانية– مثلاً على أي نوع من الحيوان نمت، بل وأحيانًا على أي جزء من جسم الحيوان، كما أن في مكنته أن يميز بسرعة بين أشياء كشعر الإنسان وشعر البقرة وشعر القط وهكذا.

وقد درست الألياف والأنسجة بعمق كاف حتى عرف بالضبط تركيب الرماد المتبقي من إحراق كل نوع من الألياف وبذا قد يهيئ لنا تحليل الرماد، في أي حالة معينة، معلومات مدهشة عن تاريخ المادة المفحوصة. وللتمثيل بمثل بسيط، لنفترض أن قطعتين متماثلتين تمامًا من التيل قد غسلت إحداهما في ماء عسر، والأخرى في ماء يسر، فإن التحليل الكيمياوي يميز بينهما بسهولة.

وفي كتاب "الكيمياء الشرعية" لمؤلفه ا. لوكاس A. Lucas تفصيل لمثل مدهش من الأدلة المستمدة من فحص الملابس. فقد قبض إبان الحرب على رجل في ظروف مريبة على مقربة من قنال السويس، وأخدت صدريته للفحص الكيمياوي، وكان من نتائج ذلك اشتباه السلطات في أنه سافر إلى مصر من باتافيا Batavia (ربما على باخرة هولندية إذ كانت تلك البواخر هي الوحيدة في ذلك الوقت التي تستعمل القنال قادمة من باتافيا) وأنه قفز من الباخرة (ربما ليلاً)، وأنه إلى الشاطئ فوصل إلى كثبان رمل معينة. وقد أوحت بهذه النظرية طبيعة قماش الصدرية، وطرازها، وأزرارها، وملح البحر الذي أثبت التحليل وجوده في القماش، ونوع حبات الرمل التي وجدت بالجيوب، وأثبت التقصي، على أساس النظرية المذكورة، صحتها في جميع التفاصيل.

وكثيرًا ما يفحص التراب والرمل فحصًا كيمياويًا، وهناك قضايا حلل فيها التراب الذي حك من الأظافر، كما أختبر الرماد من مكان ارتكبت فيه جريمة واتهم فيها القاتل بإحراق ضحيته، وهناك أيضًا قضايا عديدة فحصت فيها ملابس المصاب بطلق ناري في المنطقة المحيطة مباشرة بالثقوب التي سببها الرصاص أو الرش، وأفاد الفحص في تقرير نوع المقذوف الناري سواء أكان هذا من الرصاص أو من المغطى بالنيكل.. الخ، وكذا طبيعة تعبئته– سواء أكان ذلك بالبارود الأسود، أو البارود العديم الدخان.. الخ.

وجد مرة رجل مقتولاً، ولكن شخصيته لم تعرف إلا بعد أيام، فلم يظهر من فحص الجثة بعناية أي علامات مميزة، ولم تكن بصمات أصابعه في سجلات البوليس كما لم يتقدم من يستطيع التعرف بالتحقيق على الرجل من صوره. ثم عثر بباطن فردة حذائه على آثار مادة حمراء داكنة، وبتحليلها وجد من تركيبها كما لو كان القتيل قد سار على أرضية فرشت بأسمنت لا يزال

رخوا. وكان على مقربة من المكان الذي وجدت فيه الجثة مقهى أنشئ حديثًا وفرشت ردهته بذلك النوع من الأسمنت، وبفحصه وجدت عليه أثر قدم طابقت حذاء القتيل تمامًا. وهكذا استطاع صاحب المقهى أن يتعرف على الرجل وأن يدل على الرجلين اللذين كانا معه واللذين صاحباه فيما تبين أنه رحلته الأخيرة، ومن هذه الحلقة جمع من الأدلة العرضية ما كفى لإدانة رفيقيه اللذين قتلاه.

والرجل العادي ينظر إلى الورق من حيث لونه رقيقًا أو سميكًا، خشنًا أو ناعمًا، أبيض أو ملونًا، مسطرًا أو غير مسطر، أما عند الكيمياوي فالورق شيء أكثر من هذا بكثير، ويندر أن يفشل الفحص الكيمياوي في إلقاء الضوء على أصله. وكان الورق بالذات، لا الجلد أو رق الكتابة، يصنع دائمًا من الخرق الكتانية في مبدأ الأمر ثم أصبح يصنع من القطنية أيضًا، واستعمل الكتان وحده حتى حوالي سنة ألف، فأقدم وثيقة إنجليزية على ورق من القطن أرخت عام ١٠٤٩، ومن ذلك الوقت حتى مطلع القرن التاسع عشر استعمل الكتان والقطن، ثم أدخل القش في الصناعة ولو أن استعماله لم ينتشر حتى عام ١٨٥٠، واستعملت الحلفا (Sparto grass) في ١٨٦٠ ثم أنواع متباينة من عجائن الخشب بين ١٨٧٠ و١٨٩٠. وكان الورق يصنع كله باليد قبل ١٨٠٠، والمعروف أن ورق النشاف قد استعمل منذ القرن الخامس عشر.

ويمكن بفحص الورق فحصًا منظمًا أن نفصل محتويات أليافه ونتعرف عليها، وكذا على المواد المستعملة في صقله كالغراء والصمغ والراتينج والكازين والنشا أو المواد المعدنية. ومن هذا نرى أن للورق خصائص محددة لا يعرفها دائمًا –لحسن الحظ– من يحاول التزوير والغش، فقد قيل إن رجلاً ادعى أنه وارث ضيعة كبيرة وعزز دعواه بوثائق كثيرة، ثم تبين بالتحليل أن

أهمها، وقد أرخت عام ١٧٢٨ وليس بمظهرها ما يريب قط– كانت مصنوعة من نوع معين من عجينة الخشب لم يعرف قبل سنة ١٨٨٠! فهل نعجب إن كان جزاؤه الأشغال الشاقة؟

ويتصل الورق غالبًا بالحبر، وهو مادة أخرى ذات خصائص معينة. وأنواع الحبر الرئيسية (للكتابة المنظورة بخلاف الكتابة غير المنظورة) هي حبر الكربون. وحبر خشب البقم (Logwood) وحبر العفص الحديدي، وحبر الأنيلين، وقد سمي بذلك لأنه يحتوي على صبغة تركيبية حضر أقدمها من الأنيلين. وحبر الكربون أقدم هذه الأنواع، ولا يزال مستعملاً في بعض بلاد الشرق. ويؤخذ الكربون من مصادر شتى، ولكن في العادة من الهباب فيمزج بالصمغ والماء، أما حبر العفص الحديدي فقد عرف دون شك منذ أكثر من ألف عام، وكانت تذاب أصلاً كبريتات الحديد في منقوع العفص فتنتج سائلاً باهت اللون، ولكن التأكسد بعد الاستعمال يحيل لون الكتابة إلى السواد. وقد سبق أن حسن هذا الحبر بإضافة الألوان إليه كالنيلة وكان من شأنها إظهار الكتابة فورًا، دون تدخل في القتامة اللاحقة. واستعملت بعد ذلك الأصباغ المختلفة من قطران الفحم محل النيلة، ومن هذا النوع الحبر الأزرق الأسود المعروف اليوم. وبعد منتصف القرن الثامن عشر، كان يضاف مستقطر خشب البقم إلى أحبار الحديد أحيانًا، ثم استعملت فيما بعد خلاصة ذلك الخشب بعد إضافة محلول الشب أوبيكرومات البوتاسا إليها. ويندر أن نرى الآن مثل هذه الأحبار. ولا تستخدم في إنجلترا كثيرًا أحبار (فيما عدا الحبر الأحمر) مصنوعة كليًا أو في أغلبها من أصباغ قطران الفحم، وهذه الأصباغ لا توجد إلا في أحبار ما بعد عام ١٨٦١، لأنها استعملت لأول مرة

في السنة المذكورة بعد أن حضر. و. هـ. بيركين أولها من الأنيلين عام ١٨٥٦.

وفي بعض البلاد المسيحية تعزز طلبات الحصول على معاش الشيخوخة بما سبق تسجيله في إنجيل الأسرة من حوادثها التاريخية، وحدث في حالة معينة من هذه الحالات أن كان الطالب في صحة جيدة استثنائية، ففحص التسجيل جيدًا ووجد أن تاريخ الميلاد كان ١٨٦٢ ثم غير إلى ١٨٥٢ إذ كان من سوء حظ المزور أنه استعمل نوعًا من أحبار الأنيلين لم يكن معروفًا في ١٨٥٢! وبذا تعين على الطالب أن ينتظر المعاش عشرة أعوام أخرى.

ويتم الإثبات أو المحو أحيانًا بدرجة من المهارة تتحدى الكشف عنه بالعين المجردة، ولكن المجهر يكاد دائمًا أن يفضحها، كما يتضح المحو جيدًا عند الفحص بالأشعة فوق البنفسجية، إذ أن من المستحيل عمل محو لا يترك أثرًا، ذلك أن الطبقة السطحية من الورق، حيث يوجد أغلب المادة الصاقلة، تتلف بالمحو تلفًا غير قابل للإصلاح، ولذا يسهل كشف هذا التزوير إذا ما ثار من الشك ما يكفي لفحص الوثيقة المزورة. كما أن مجرد ترطيب سطح الورق، يعيد توزيع المادة الصاقلة وهو شيء لا يمكن إخفاؤه، كما أن أي نوع من الحك سيترك آثاره، وقد شاع استعمال مصابيح الأشعة فوق البنفسجية بازدياد استعمالها في المعامل للأعمال الدورية (الروتينية).

وهناك حالة طريفة حدثت في ألمانيا واستطاع الكيمياوي فيها أن يقدم دليلاً هامًا، ذلك أن عاملاً في مصنع مفرقعات اختفى في يوم من الأيام. وبما أن سقوطه في أحد أحواض خليط حامض الكبريتيك والنيتريك كان من

الاحتمالات، فقد طالبت زوجته شركة التأمين بمبلغ التأمين، ورفض ممثل الشركة في فورة ولائه للشركة أن يوافق على صرف المبلغ قائلاً: إن الرجل لا يمكن اعتباره ميتًا لأن الجثة لم يعثر عليها، ولمح أيضًا –بناء على معرفته بالزوجة– إلى أن الزوج قد هرب، ربما إلى أمريكا، ليكون بعيدًا عن متناول زوجته. ولكن بتحليل محتويات الحوض المذكور وجد به ذائبًا من مركبات الفسفور ما قد ينتج من إذابة جسم إنسان، وبذا اعترف بحق الأرملة، ودفع لها المبلغ المؤمن به.

الفصل العاشر

الذرات والجزيئات

مع أن معلوماتنا عن تركيب المادة لم تكتمل بعد، إلا أنها قد أصبحت في السنوات الأخيرة أكثر دقة بكثير مما كانت. وفي ١٦٦١ تقدم بويل بفكرة أن المادة مكونة من عناصر، أي من مواد بسيطة، هي الجواهر التي منها تتكون الأجسام الأخرى.

وفي سنة ١٧٨٩ قدم لنا لافوازييه التعريف الحديث للعنصر على أنه الجسم الذي لا تمكن تجزئته إلى أجسام أبسط.

ويمكن القول بأن العناصر هي مواد البناء في الطبيعة، وكما يستخدم البناء الأجر والحجارة والحديد والخشب والزجاج في بناء قنطرة، أو بيت، أو كنيسة، كذلك الطبيعة بالعناصر التي تحت إمرتها، تقدم لنا الذهب، أو قطعة من الطباشير، أو كتلة من الكهرمان.

ولم يعرف لافوازييه إلا ثمانية وعشرين عنصرًا، أما الآن فقد صار عددها اثنين وتسعين[١٢].

ويخرج عن نطاق هذا الكتاب أن نبين في تفصيل سلسلة الأبحاث والاكتشافات التي تمدنا بالدلائل على العدد المحتمل من العناصر، ولكن

---

(١٢) الواقع أن العدد الآن قد بلغ ١٠١ وذلك بزيادة عناصر صنعها العلماء من التفاعلات النووية في معاملهم ولم يجدوها في الطبيعة، ولا تزال محاولاتهم جارية لصنع عناصر أخرى. ومما استحدث عنصر البيلوتونيوم المشهور والأميريكيوم والبركيليوم ولكاليفورنيوم... الخ

(المترجم)

يمكن القول إن أول هذه الأدلة كان إدراك نوع من التشابه في خواص مجموعات معينة من العناصر كالتشابه الموجود بين أعضاء الأسرة الوحدة.

وفي سنة ١٨٦٣ وجد نيولاندز Newlands أننا لو كتبنا أسماء العناصر حسب ترتيب أوزانها الذرية، فسنجد أن كل عنصر ثامن في ترتيبه يشابه إلى حد العنصر الأول، كما أن النغمة Note الثامنة على البيانو هي نوع من التكرار للأولى. ولم تثر فكرة نيو لاندز والتي عرفت باسم قانون الثمانيات، التفاتًا كبيرًا في وقتها، فقد قيل إن القانون المذكور صحيح في حالات معينة فقط ومضلل في حالات أخرى.

وبعد ستة أعوام أدرك الكيمياوي الروسي مينديليف Mendileeff أن للترتيب الثماني الذي تصوره نيولاندز بعض القيمة، ولكنه يحتاج إلى تعديل، ولم يكن معروفًا في ذلك الوقت غير سبعة وستين عنصرًا، وأحس منديليف بأن التطابق بين العناصر لم يكتمل بعد، فرتب أسماء العناصر تبعًا لخصائصها في مربعات تشبه لوحة الشطرنج وبحيث تتشابه العناصر في خصائصها العناصر الواقعة في أي عامود رأسي، أو كما نقول الآن التي تقع في مجموعة واحدة.

ولكن لوحة مينديليف الشطرنجية كان بها مربعات خالية معينة، فأعلن في جرأة أنها تمثل عناصر لم تكتشف بعد، بل ذهب إلى أبعد من ذلك؛ فقد تنبأ بما ستكون عليه العناصر المجهولة من صفات، وذلك بالإحالة إلى العناصر الموجودة في نفس المجموعات. ولو أعلن كولومبوس قبل كشفه العظيم اعتقاده في وجود قارة غريبة، ثم أعطى تفاصيل دقيقة عن ارتفاع جبالها وأطوال أنهارها، وطباع سكانها، لاعتبره العالم مجنونًا، ومع ذلك فإن

تنبؤات مينديليف لم تكن أقل غرابة، فقد أعلن، في حالة ثلاثة على الأقل من مربعاته الخالية– تفاصيل عن لون العناصر التي لم تكتشف بعد، وعن صورها، وكثافتها النوعية، ودرجة انصهارها وصلابتها، ونشاطها الكيمياوي. فلما اكتشفت هذه العناصر لم تدع دقة تنبؤات مينديليف مكانًا للنقد، وهاك مثالًا لإحدى هذه الحالات.

الخاصية	تنبؤ مينديليف في سنة ١٨٧١	عنصر الجرمانيوم المكتشف في ١٨٨٦
الوزن الذري	٧٢	٧٢,٣
الكثافة النوعية	٥,٥	٥,٤٧
اللون	رمادي متسخ	أبيض رمادي
تأثير تسخينه في الهواء	يتحول العنصر إلى أوكسيد أبيض	ينتج العنصر أوكسيدًا أبيض
التأثير على الماء	يحلل العنصر بخار الماء بصعوبة	لا يحلل عنصر الماء
تأثير الأحماض	خفيف	خفيف
تأثير القلويات	غير ملحوظ	غير ملحوظ
خواص الأوكسيد	صعب الانصهار وكثافته النوعية ٤,٧	صعب الانصهار وكثافته النوعية ٤,٧٠٣
خواص الكلوريد	سائل يغلي في أقل من ١٠٠° مئوية وله كثافة نوعية تبلغ ١,٩	سائل يغلي في ٨٦° مئوية وله كثافة نوعية تبلغ ١,٨٨٧

ولما بدئ في ملء فراغات الجدول الدوري، كما سمي ترتيب مينديليف، بدأت فائدة الجدول المذكور تتضح، إذ فضلاً عن إلقائها الضوء

على وجود عناصر جديدة، فإنها كشفت عن إخطاء في تقدير الأوزان الذرية لعناصر معينة موجودة. كما أنها يسرت كثيرًا من دراسة الكيمياء، فصار من الممكن دراسة خواص مجموعات أو أسر من العناصر، وتنظيم معلوماتنا عن مكافئها وتكون مركباتها... الخ. وكان بالجدول بعض المفارقات، فإن بعض العناصر لم يتيسر وضعها بإحكام في أي مكان بالجدول، والواقع أن خمسة عشر عنصرًا من العناصر الأرضية النادرة لم يعرفها كلها مينديليف- ظهر أنها مؤهلة لوضعها في مربع واحد ومع ذلك فإن اتساع معلوماتنا فيما بعد، قد علمنا كيف نعدل الجدول حتى يتسع لكل العناصر.

وكان العمل الرائع الذي قام به موزلي Moseley في ١٩١٤ آخر ما احتيج له من الأدلة لتفهم الجدول وكل ما تضمنه تفهمًا كاملاً. فقد وجد موزلي أن كل عنصر يمكن حمله، تحت ظروف خاصة، على بعث أشعة إكس بموجة من طول خاص، وأن هناك علاقة عددية بسيطة بين أطوال موجات العناصر المختلفة استطاع منها أن يعين لكل عنصر عددًا طبقًا لطول موجته. فالإيدروجين مثلاً، وهو أخف العناصر، عدده الذري ١ واليورانيوم وهو أثقلها عدده الذري ٩٢. وهناك من الأسباب القوية ما يحمل على الاعتقاد بأن ليس ثمت عناصر تخرج عن هذين الحدين أي أنه لا توجد ذرة أخف من ذرة الإيدروجين، أو أثقل من ذرة اليورانيوم[١٣].

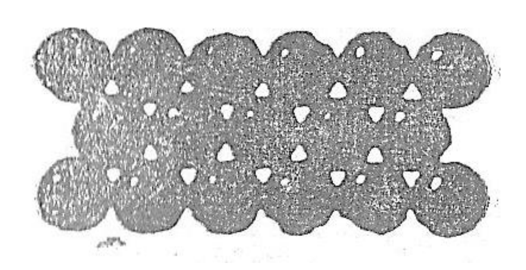
وأغلب الاثنين وتسعين عنصرًا من الفلزات. وأكثر هذه الفلزات من الندرة بحيث يفقد أهميته المباشرة للرجل العادي. ونصف وزن الأرض والماء والهواء من هذا العالم مكون من الأوكسيجين ونصف من السيليكون، ويأتي

(١٣) أنظر حاشية المترجم ص ٢٢٧.

بعد هذين العنصرين بالترتيب الألومنيوم، فالحديد، فالكالسيوم؛ فالصوديوم، فالبوتاسيوم، فالماغنيسيوم، فالايدروجين، فالتيتانيوم، فالكلور، فالكربون.

وتكون هذه العناصر الاثنا عشر ٩٩٪ من الوزن الكلي للقشرة الأرضية. أما الباقي أي الواحد في المائة فيتكون من الثمانين عنصرًا الأخرى، وتركيب جوف الأرض غير معروف، والمظنون أنه أغنى بكثير في الفلزية؛ وخاصة الحديد والنيكل.

وكان من أهم التطورات في العصور الحديثة ما حدث فيها من تغير تدريجي في تصورنا لصلابة المادة، فبعد قبول نظرية دولتون الذرية قبولاً عامًا؛ اعتبرت الكتلة من المادة الصلبة على أنها مركبة من عدد من الحبيبات الدقيقة، تشبه أكر البلياردو، متناهية في الصغر، وقد كدست معًا، وقد تمثل بالرسم المكبر جدًا على نحو ما يظهر في شكل ٣١.



(شكل ٣١)

وكان ممكنًا من شكل كهذا أن نستنتج وجود فضاءات بين الذرات، مما يفسر إلى حد ما مسامية المواد الصلبة. وفي عام ١٨١١ اقترح أحد علماء الفيزياء الإيطاليين واسمه أفوجادرو Avogadro– فكرة قدر لها أن تكون قاعدة لا لنظريتنا الكيمياوية الحديثة، فحسب، ولكن لتفهم خصائص عديدة للجوامد والسوائل والغازات، فقال إن الصورة النهائية للحبيبة من

المادة هي مجموعة من الذرات أكثر منها ذرة واحدة، وأطلق اسم "الجزيء" على مثل هذه المجموعة، ونحن نفكر الآن في الجزيء على أنه أصغر جزء من المادة —سواء أكانت عنصرًا أم مركبًا– يستطيع الوجود منفردًا، كما نفكر في الذرة على أنها أصغر جزء من العنصر يستطيع الدخول في تفاعل كيمياوي.

ومع أننا لا نستطيع إثبات وجود الجزيء، بالنظر أو باللمس، إلا أنه حقيقة لا شك فيها عند رجال العلم. ولا نستطيع القطع بعدد الذرات التي تكون الجزيء ولكننا عادة نتصور جزيء غاز أولي مكونًا من ذرتين، وربما كان هذا العدد أربعة، أو ستة، أو ثمانية، أو أي عدد زوجي، ولكن هذا لن يؤثر على النظرية.

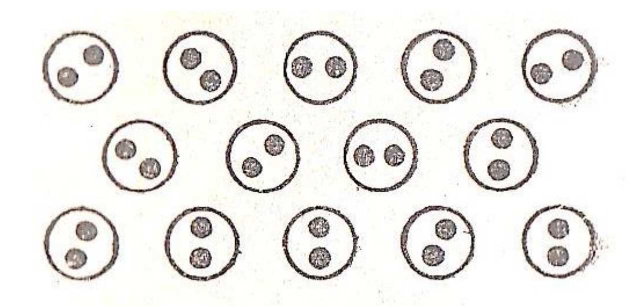
ومهما كان عدد الذرات في جزيء عنصر فإنها جميعًا متماثلة، أما جزيء المركب فذراته هي ذرات عناصر مختلفة، فجزيء الماء مثلاً مكون من ذرتين من الايدروجين، وذرة واحدة من الأكسجين، أو مكرر هذين العددين. وما العلامات التي يستعملها الكيمياويون إلا صورة تمثل تركيب الجزيئات، وليست كما يظن البعض كتابة مختزلة أو علامات خفية لأسماء المواد، فجزيء حامض الكبريتيك مثلاً تمثله يد$_{٢}$ كب ا$_{٤}$، ومعناها أنه مكون من ذرتين من الايدروجين وذرة من الكبريت، وأربعة من الأوكسجين.

وجزئيات الجوامد متقاربة، ولكنها غير متلامسة، وتربطها معًا قوة التماسك Cohesion. والجزيئات في حالة اهتزاز دائم، وكلما ارتفعت حرارة الجامد كلما ازدادت سرعة اهتزاز جزيئاته، ولا تقف هذه الحركة إلا إذا

ذهبت عن الجسم كل حرارته، أي إذا برد حتى وصل إلى درجة الصفر المطلق (-٢٧٣° مئوية).

وللحرارة تأثير آخر هو تغلبها على قوة التماسك بين الحبيبات؛ وكذا تسمح لها بالتباعد، وما تمدد جسم صلب بالحرارة إلا نتيجة لاتساع الفراغات بين الجزيئات وليس لازدياد حجمها.

فإذا اعتنقنا النظرية الجزيئية، كان علينا أن نتصور كتلة من المادة، ذات بنيان أرحب مما رسمناه في شكل ٣١ وعلى افتراض وجود ذرتين في كل جزيء يكون تمثيل حبة صغيرة في مادة صلبة، بعد تكبيرها تكبيرًا عظيمًا، كما يرى في شكل ٣٢.



(شكل ٣٢)

وتمثل الدوائر هنا حدود الجزيء، أما الجزيء المادي الفعلي للمادة الصلبة فهو النقط السوداء التي تمثل الذرات، وسنرى فيما بعد أن حتى فكرة صلابة الذرة تحتاج إلى تعديل.

أما في السوائل فإن الجزيئات تكون أكثر حرية في التحرك، ولو أنها لا تزال خاضعة لقوة التماسك. ونستطيع تكوين فكرة عن حالة السائل الجزيئية

من كوب ممتلئ بالرمل الناعم الجاف أو مخردق الرصاص الصغير، فالجزيئات يتدحرج بعضها فوق بعض، ولذا نستطيع سكب السائل، وإذا دفعنا فيه اليد أزاحت كتلا من الجزيئات من طريقها.

وإذا سخنا سائلاً إلى درجة غليانه لتغلبنا على قوة التماسك إلى حد انفصال الجزيئات انفصالاً تامًا، ولتحول السائل إلى غاز. ونستطيع تمثيل حالة الغاز الجزيئية تمثيلاً تقريبيًا بجماعة من النحل وقد انطلقت في ردهة كبيرة، سوى أن النحل يستطيع الوقوف على الحائط أو الأرضية، بينما لا تكف جزيئات الغاز عن الحركة قط، ولكنها تتحرك على الدوام بسرعة المقذوفات النارية في خطوط مستقيمة، فلا تغير في اتجاهها إلا إذا اصطدمت بجزيئات أخرى. أو بحائط الإناء الذي يحتويها.

وقد استطعنا حساب حجم الجزيئات، ولكن العقل العادي لا يستطيع تصور كنه مقاييسها الفعلية. إذ لو كان جزيء الأكسجين أكبر مما هو فعلاً بخمسة آلاف مثل في كل اتجاه، لما تمكنت العين المجردة مع هذا من رؤيته قط ولكنها قد تتمكن من إدراكه بالنظر بمساعدة مجهر قوي، يستطيع التكبير إلى خمسة آلاف مثل.

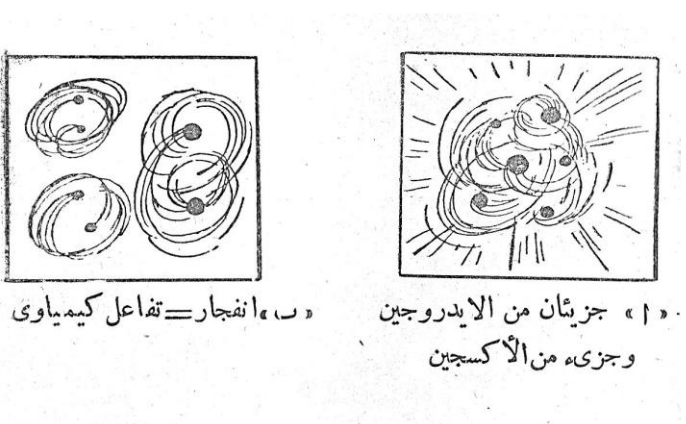
ومما نعرف عن الجزيئات يمكن أن نتصور صورة مذهلة من عدم استقرار الطبيعة، فالجبل الصامد، أو مياه البركة الوادعة، أو الهواء الساكن في يوم هادئ– تظهر كلها ساكنة على قدر ما تستطيعه حواسنا من إدراك، والواقع أن جزيئات الجوامد والسوائل والغازات كلها في حركة دائمة لا تهدأ قط.

والتفاعل الكيمياوي بين مادتين عبارة عن مجموعة تفاعلات بين الجزيئات الفردية، كما كانت المواقع في الزمن الغابر عبارة عن مجموعة من

النزال بين الأفراد. فإذا خلط الأكسجين بالإيدروجين واشعل الخليط نتج من ذلك انفجار، وانبعث منه البخار، ويمكن تمثيل هذا التفاعل ببساطة في الكيمياء بالمعادلة الآتية:

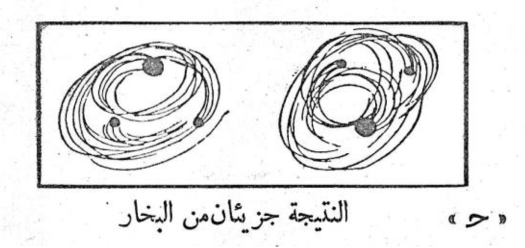
$$٢يد_٢ + ا_٢ = ٢يد_٢ا$$

ويمكن تمثيلها تصويريًا كما في شكل ٣٣



« ا » جزيئان من الايدروجين وجزىء من الأكسجين

« ب » انفجار = تفاعل كيمياوى



« حـ » النتيجة جزيئان من البخار

(شكل ٣٣)

ومنذ اكتشاف الراديوم بدأ الكيمياويون يعتقدون أن الذرات ليست بالجسيمات المصمتة التي لا تتغير كما صورها دولتون.

ففي سنة ١٨٩٦ وبعد أشهر من اكتشاف أشعة إكس بواسطة الأستاذ رونتجين Rontgen في فورز بورج Wiirzburg بدأ هنري بيكريل Henri Becquerel بباريس سلسلة من التجارب بالأجسام المضيئة فسفوريًا، وكان من بينها بلورات أحد مركبات اليورانيوم فاكتشف لدهشته، أن هذه البلورات تترك على اللوح الفوتوغرافي. حتى في الظلام، أثرًا يشبه الضباب، مع أنها لا تبعث ضوءًا مرئيًا، وزيادة على ذلك فإن التأثير المذكور يحصل رغم وقاية اللوح بورق مانع للضوء، مما أوحى إلى بيكريل أن البلورات المشار إليها تقذف أشعة تشبه أشعة رونتجين أو إكس. وأخذ الأستاذ كوري Curie وزوجته يفحصان مركبات أخرى لليورانيوم، فوجدا أن الخام المسمى بيتشبليند Pitchblende وهو أكسيد اليورانيوم، له نفس الخاصية وبدرجة أكبر مما للمركبات الأخرى.

وانتهت سلسلة من الأبحاث الرائعة والمضنية باكتشاف كوري وزوجته أن ذلك التأثير لا يعزى إلى البتيشبلند بقدر ما يعزى إلى مادة موجودة دائمًا في البيتشبلند الطبيعي وباستخدام مقادير هائلة من ذلك الخام استطاعا أن يستخلصا قدرًا صغيرًا من تلك المادة الشديدة النشاط، وهكذا انتزع من الطبيعة سر آخر، فقد كانت المادة الجديدة عبارة عن بروميد عنصر غير معروف، سمي منذ ذلك الوقت بالراديوم وقد فصل العنصر نفسه في ١٩١٠ بواسطة مدام كوري التي ظلت –حتى بعد وفاة زوجها إثر حادث مؤلم– تواصل العمل الذي شاركته فيه من قبل.

والراديوم معدن أبيض، رخو، ينتمي إلى مجموعة الكالسيوم، والباريوم، والاسترونتيوم التي يشابهها في الخواص الكيمياوية، والفرق العظيم بين الراديوم وبقية أعضاء مجموعته هو نشاطه الإشعاعي. فإذا شوهدت شذرة

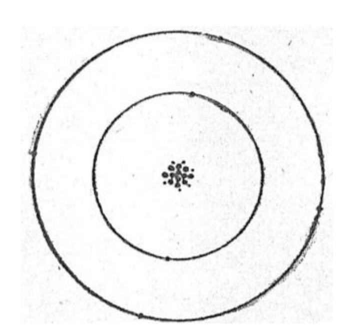
صغيرة من هذا المعدن أو من أحد مركباته؛ تحت المجهر، لرؤيت تبعث ضوءًا خافتًا، قاذفة بالإشعاع في جميع النواحي. وتؤثر إشعاعات الراديوم في اللوح الفوتوغرافي وتجعل ما حولها من الهواء موصلاً للكهربائية، كما تضفي على مواد معينة القدرة على الإضاءة الفسفورية. وتسبب الإشعاعات أيضًا تآكل أنسجة الجسم وانحلالها. وبذا تورث الحروق المؤلمة لأي جزء من الجلد يتعرض لفعلها ولو ببضع ساعات، وينتفع بهذه الخاصية في معالجة السرطان وذلك بعد توجيهها والتحكم فيها.

على أن أعجب ما في الراديوم هو استمرار قذفه بالطاقة في صورة ضوء وحرارة وكهرباء. وأحد المبادئ المقررة في العلم أن الطاقة لا يمكن أن تخلق أو تفنى، وبناء على ذلك إذا كانت كل ذرة من الراديوم تنتج الطاقة باستمرار فلابد أن هذه الطاقة تنطلق نتيجة لتغيير ما في بناء الذرة، وبعبارة أخرى، فإن ذرة الراديوم لا بد متفككة إلى ذرات من نوع آخر، وقد ثبت هذا فعلاً فإن فريقًا من الإشعاعات يتكون من جسيمات من الهيليوم تحمل شحنة موجبة. ومعنى هذا أن ذرة الراديوم تنحل فعلاً، وتنتج، فيما تنتج، ذرات من الهيليوم، ومخلفة وراءها ذرات عنصر آخر، والعنصر المتخلف حين تنطلق ذرة الهيليوم من ذرة الراديوم يسمى رادون Radon، ثم ينحل هذا بدوره. وتستمر عملية التجريد حتى يصبح ما كان ذرة من الراديوم ذرة من الرصاص.

وفي عام ١٩٢١ أهدى نساء أمريكا إلى مدام كوري جرامًا من الراديوم، وكانت قيمة هذا القدر الكبير من المعدن عشرين ألف جنيه إسترليني، فكم سيمضي من الوقت قبل أن تتحول هذه الهدية القيمة إلى قطعة صغيرة من الرصاص لا تكاد تكون لها قيمة!؟ والواقع أن نسبة محددة من الذرات، في أي كتلة من الراديوم، تتفكك كل ثانية من الزمن، وستمضي ألفان من السنين

لينقص جرام الراديوم إلى نصف جرام، ثم ألفان أخرى ليختفي نصف الباقي، وهكذا سيحتفظ جرام الراديوم حتى بعد عشرة آلاف سنة من الآن، بجزء من اثنين وثلاثين جزءًا من نشاطه الحالي.

أما وقد أدركنا الطبيعة المعقدة لذرة الراديوم فقد حق علينا أن نعدل تصور دولتون للذرات، فالرأي الحديث هو أن الذرة، ولو أنها لا تزال غير قابلة للانقسام، فيما يخص التفاعل الكيمياوي، مكونة من عدد من وحدات صغرى على نوعين. فيتركب جزء من الذرة من جسيم أو أكثر يسمى بروتون Proton وهو في الحقيقة وحدة موجبة من الكهرباء، ويتركب الجزء الآخر من الذرة من إليكترونات Electrons وهي وحدات سالبة من الكهرباء، ويوحي هذا التركيب بوجود علاقة وثيقة بين المادة والكهرباء، كما تساعد النظرية الحديثة للبناء الذري على تفسير ظواهر كهربائية عديدة.



(شكل ٣٤) يمثل ما يفترض من بناء ذرة الكربون : ٦ أليكترونات سيارة تدور حول نواة من ١٢ بروتونات و ٦ أليكترونات

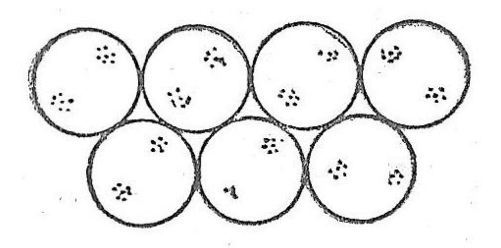
والمفروض أن البروتونات تكون مع بعض الإليكترونات نواة الذرة، أما بقية الإليكترونات فتدور حول النواة في أفلاك منتظمة، وبذا تشبه الذرة نظامًا شمسيًا مصغرًا. وتتكون ذرة الايدروجين من بروتون واحد وإليكترون واحد

وذرة الهيليوم من أربع بروتونات وأربع إليكترونات، وذرة الصوديوم من ٢٣ بروتونات و٢٣ إليكترونات.

ويساوي عدد البروتونات (وعدد الإليكترونات) العدد الممثل للوزن الذري، كما يساوي عدد الإليكترونات الفلكية أو السيارة العدد الذري، أما بقية الإليكترونات فهي في النواة[١٤].

ويزيد وزن البروتون عن ١٨٠٠ مثلًا من وزن الإلكترون، وبذا تكاد كتلة الذرة أن تتركز في نواتها.[انظر شكل ٣٤]

ولو عدنا إلى شكل ٣٢ و٣٣ لرأينا أن من المحتم إجراء تعديل آخر، وأن علينا من الآن أن نتصور قطعة المادة الصلبة وكأنها في أغلبها فضاء، وأن الجزء المادي منها متكون من جسيمات من الكهرباء.



(انظر شكل ٣٥)

---

(١٤) تدل المعلومات الحديثة عن تركيب الذرة على أن النواة تتركب من البروتونات (وحدات كهربائية موجبة) ونيوترونات (غير ذي شحنة كهربائية) تدور حواليها الإليكترونات (وحدات كهربائية سالبة) في مداراتها.

وأن هذه الوحدات السالبة تعادل الوحدات الموجبة أي البروتونات.

كما أن العدد الذري للعنصر يساوي عدد إليكترونات أو بروتونات ذرته.

وعليه يكون الوزن الذري للعنصر مساويًا تقريبًا لكتلة نواة ذرته أي لمجموع البروتونات والنيوترونات فيها.

وبناء على ما سبق تحتوي نواة ذرة الهيليوم على بروتونين اثنين معهما نيترونان اثنان ويدور حولهما إليكترونان فقط. كما تحتوي نواة ذرة الصوديوم على ١١ بروتون و١٢ نيوترون يدور حولها ١١ إليكترون فقط. وأن ذرة الكربون تحتوي نواتها على ٦ بروتونات و٦ نيوترونات تدور حولها ٦ إليكترونات فقط (المترجم).

ومع أن صورة كهذه قد تبدو لأول وهلة محيرة، إلا أنها تعاوننا في الحقيقة على رؤية ظواهر علمية عديدة بجلاء أكثر. فانشطار ذرة الراديوم يصبح الآن عبارة عن انفصال عدد معين من البروتونات والإليكترونات وانطلاقها. كما يمكن فهم مرور أشعة إكس خلال الأجسام المعتمة، وطول موجات هذه الأشعة أصغر بكثير من طول موجات الضوء العادي، ويمكن أن نتصورها أشعة قادرة على المرور خلال الفضاء الموجود بين وحدات الكهرباء التي تكون الجسم المعتم، فأشعة الضوء العادي لا تستطيع أن تجد ممرًا. ونستطيع أيضًا أن نفهم لماذا لا يسمح الرصاص، الذي تتكون ذراته من أكثر من أربعمائة جزء من الكهرباء الموجبة والسالبة بمرور حتى أشعة إكس.

وكان حلم الكيمياوي القديم هو استحالة المعادن، والآن، وبعد موت الكيمياء القديمة، نجد أن الطبيعة، فيما يخص العناصر المشعة على الأقل، تزاول هذه الإحالة. والمظنون أن أثقل العناصر، وهو اليورانيوم، ينحل ببطء، منتجًا الراديوم، ولكن بسرعة أقل من سرعة انحلال الراديوم نفسه بمليون مثل، وإذا كان هناك ميل عام من العناصر للتفتت إلى أجسام أبسط للوصول الحتمي إلى الهيليوم والأيدروجين، فإن العملية أبطأ من أن تقاس، وإن فكرة الكيمياوي القديم عن تحول الرصاص إلى ذهب في أعماق الأرض لا يحتمل تحققها في عمر الجنس البشري.

الفهرس